ระบบควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำเพื่อการประหยัดน้ำ

Water Pump Control System for Water Saving

ปริญญานิพนธ์

ของ

กรวิทย์ จันทะรักษ์ 54010310002

ณัฐพงศ์ ห้าวหาญ 54010310430

เสนอต่อมหาวิทยาลัยมหาสารคาม เพื่อเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตร

วิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า

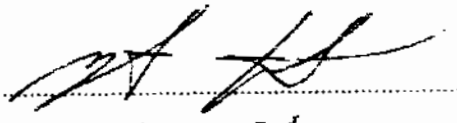
ภาคเรียนที่ 2 ปีการศึกษา 2557

ลิขสิทธิ์เป็นของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

Mahasarakham University

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์ ได้พิจารณาปริญญานิพนธ์ฉบับนี้แล้วเห็นสมควรรับเป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม

คณะกรรมการสอบปริญญานิพนธ์

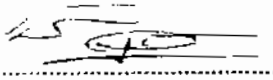


..... ประธานกรรมการ

(อาจารย์ ดร.ชลธี โพธิ์ทอง)

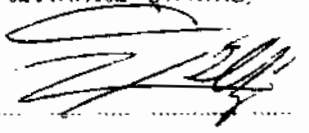
..... กรรมการ

(อาจารย์ นวรัตน์ พิลาแดง)



..... กรรมการ

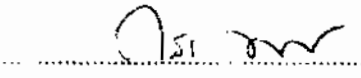
(อาจารย์ ณรงค์กรณ์ อุทาทิพย์)



..... อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์)

มหาวิทยาลัยมหาสารคามได้อนุมัติให้รับปริญญานิพนธ์ฉบับนี้ เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า ของมหาวิทยาลัยมหาสารคาม



.....

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ เกสร วงศ์เกษม)

หัวหน้าสำนักวิชาวิศวกรรมศาสตร์

Mahasarakham University

กิตติกรรมประกาศ

ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จได้ด้วยดีเพราะได้รับความอนุเคราะห์จาก ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์ อาจารย์ที่ปรึกษาปริญญานิพนธ์ ที่ได้กรุณาเสียสละเวลาให้คำปรึกษา ให้ความรู้ คำแนะนำ ตลอดจนชี้แนะแนวทางการแก้ไขข้อบกพร่องในระหว่างการดำเนินงานอย่างดียิ่ง คณะผู้วิจัยซาบซึ้งที่ได้รับความกรุณาจากท่าน จึงใคร่ขอกราบขอบพระคุณท่านไว้ ณ โอกาสนี้ด้วย

ขอขอบพระคุณ คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่ได้สนับสนุนเงินทุน ในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบพระคุณ สาขาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ที่เอื้อเฟื้อสถานที่ ตลอดจนวัสดุอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้

ขอขอบคุณ เพื่อนๆ พี่ๆ น้องๆ ทุกๆท่านที่ได้ให้ความช่วยเหลือ ชี้แนะแนวทาง อันเป็นประโยชน์ในการทำปริญญานิพนธ์เล่มนี้ จนทำให้ปริญญานิพนธ์เล่มนี้สำเร็จ ลุล่วงได้ด้วยดี

ท้ายที่สุด ขอขอบพระคุณ คุณพ่อ คุณแม่ ผู้เป็นที่รัก ผู้คอยส่งเสริม ให้กำลังใจ และให้โอกาสในการศึกษาอันมีค่ายิ่ง

กรวิทย์ จันทะรักษ์
ณัฐพงศ์ ห้าวหาญ

Mahasarakham University

ชื่อเรื่อง ระบบควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำเพื่อการประหยัดน้ำ
ผู้วิจัย นายกรวิทย์ จันทะรักษ์
นายณัฐพงศ์ ห้าวหาญ
อาจารย์ที่ปรึกษา ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นิวัตร์ อังควิศิษฐพันธ์
ปริญญา วศ.บ. **สาขาวิชา** วิศวกรรมไฟฟ้า
มหาวิทยาลัย มหาวิทยาลัยมหาสารคาม **ปีที่พิมพ์** 2558

บทคัดย่อ

ปริญญานิพนธ์ฉบับนี้มีวัตถุประสงค์เพื่อนำเสนอการควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ โดยใช้อุปกรณ์ตรวจจับกระแสไฟฟ้า จับกระแสที่เส้น Line ที่ไหลผ่านไปยังปั๊มน้ำ เมื่อปั๊มน้ำทำการสตาร์ทเครื่อง อุปกรณ์ตรวจจับกระแสไฟฟ้า จะส่งสัญญาณไปยังชุดควบคุม Arduino Uno R3 จากนั้นบอร์ด Arduino Uno R3 จะทำการรับค่าและทำการจับเวลา 20 นาที เมื่อเวลาครบ 20 นาที Arduino Uno R3 จะทำการส่งคำสั่งไปยังรีเลย์ (30A) เพื่อทำการตัดการทำงานของปั๊มน้ำ เพื่อช่วยป้องกันการทำงานของปั๊มน้ำนานเกินไป จนทำให้ปั๊มน้ำเกิดความเสียหายได้

ผลการทดลอง พบว่าระบบควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำนี้ใช้งานได้อย่างถูกต้อง ตามที่ได้ทำการโปรแกรมและออกแบบไว้ อุปกรณ์ตรวจจับกระแสไฟฟ้าสามารถตรวจจับกระแสและทำการส่งข้อมูลได้ ปั๊มน้ำทำงานในเวลา 20 นาที ตามที่เรากำหนดไว้

Mahasarakham University

TITLE	Water Pump Control System for Water Saving
AUTHORS	Mr.Korawit Chantharak
	Mr Nattapong Hawhan
ADVISOR	Asst. Prof. Niwat Angkawisittpan, Ph.D.
DEGREE	**B.Eng.** (Electrical Engineering)
UNIVERSITY	Mahasarakham University **YEAR** 2014

ABSTRACT

The objective of this thesis is to present the control water pump control system by using a current sensor for detection at the line of the water pump. When the pump starts, the current sensor will send the signal to the Arduino Uno R3 controller, and then the Arduino Uno R3 board controller will execute and count the time for 20 minutes. When the time reaches 20 minutes, the Arduino Uno R3 will send the signal to (30A) relay to stop the water pump control system in order to protect the overload for the water pump.

The experimental result showed that the designed water pump control system could work properly as programed and designed. The current sensor could check the water current correctly and evaluate data of water pump processing finished in 20 minutes, as desired.

Mahasarakham University

สารบัญ

บทที่	หน้า
1 บทนำ	1
1.1 หลักการและเหตุผล	1
1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา	1
1.3 ขอบข่ายของการศึกษา	1
1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ	2
1.5 แผนการดำเนินการศึกษา	2
1.6 สถานที่ดำเนินการศึกษา	3
1.7 งบประมาณ	3
2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	4
2.1 รีเลย์ (Relay)	4
2.1.1 โครงสร้างของรีเลย์	4
2.1.2 หลักการทำงานของรีเลย์	5
2.1.3 ข้อคำนึงในการใช้รีเลย์ทั่วไป	6
2.2 เซ็นเซอร์ (Current Sensor)	7
2.2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Current Sensor (เซ็นเซอร์วัดกระแส)	7
2.2.2 รูปแบบการวัดกระแส	8
2.2.3 ตัวอย่างการใช้งาน Current Sensors	12
2.2.4 การคำนวณหาค่า R Burden	14
2.2.5 ตัวอย่างโค้ดโปรแกรม	17
2.3 Arduino	18
2.3.1 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino	19
2.3.2 โปรแกรมภาษาของArduino IDE	21
2.3.3 ภาษาซี C++	22
2.3.4 รูปแบบของการออกแบบภาษา C++	23
3 วิธีดำเนินการ	21
3.1 แผนผังดำเนินการวิจัย	24

Mahasarakham University

สารบัญ (ต่อ)

บทที่ หน้า

3.2 การออกแบบและโฟลว์ชาร์ตของเครื่องควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ 25
3.3 หลักการทำงานของเครื่องควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ 26
3.3.1 Current Sensor 26
3.3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร 27
3.3.3 Relay Module 30 A High power 28

4 ผลการศึกษา 30
4.1 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE และเริ่มต้นการโปรแกรม Arduino IDE 30
4.2 เริ่มต้นการโปรแกรม Arduino IDE 34
4.3 การทดสอบ 37
4.4 ตู้ควบคุม 38
4.5 ผลการทดลอง 39
4.6 การทำงานของระบบ 40

5 สรุปผลการศึกษา 41
5.1 สรุปและอภิปรายผล 41
5.2 ผลการดำเนินงาน 41
5.3 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ 41
5.4 แนวทางในการแก้ไข 42
5.5 ข้อเสนอแนะ 42

บรรณานุกรม 43

ภาคผนวก 45
ภาคผนวก ก โปรแกรมประกอบการศึกษา 46

ประวัติย่อผู้วิจัย 49

Mahasarakham University

บัญชีตาราง

ตาราง หน้า

1 แผนการดำเนินงานปริญญานิพนธ์ 2

Mahasarakham University

บัญชีภาพประกอบ

ภาพประกอบ **หน้า**

1 ภาพแสดงรีเลย์และสัญลักษณ์ของรีเลย์ 4
2 สัญลักษณ์ของรีเลย์แทนโครงสร้างรีเลย์ 5
3 สภาวะการทำงานของรีเลย์ 5
4 ภาพแสดงด้านล่างของรีเลย์แสดงตำแหน่งขาและด้านบนแสดงรายละเอียดการใช้งาน 6
5 ภาพแสดงจำนวนหน้าสัมผัส 7
6 ภาพแสดงเซ็นเซอร์ Current Sensor รุ่น ESEN141 7
7 ภาพแสดงวงจรสมมูลและการวัดหาค่ากระแสในวงจร 8
8 ภาพแสดงวงจรเบื้องต้น การวัดกระแสโดยใช้ R Shunt 9
9 ภาพแสดงวงจรเบื้องต้น การวัดกระแสโดยใช้ Hall Effect sensor 10
10 ภาพแสดงเซ็นเซอร์ Hall effect ภายในชิปตระกูล ACS 10
11 ภาพแสดงหลักการวัดกระแสโดยใช้ Current transformer 11
12 ภาพสัญลักษณ์ของ Current Transformer 11
13 ภาพแสดง Current Transformer แบบต่างๆ 12
14 ภาพแสดงการคีบเซนเซอร์ในสาย Line 12
15 ภาพแสดงการพันสายไฟ (Line) และกระแสที่ได้ตามจำนวนรอบที่พัน 13
16 ภาพแสดง Current Sensor รุ่น ESEN141 (สีฟ้า) และรุ่นESEN148 (สีแดง) 14
17 ภาพแสดงการยกระดับแรงดันสัญญาณด้วย DC Bias 14
18 ภาพแสดงการต่อ R Burden คร่อมกับขาเอาท์พุตของเซ็นเซอร์ 16
19 ภาพแสดงการต่อวงจรขยายแบบ Non-inverting Operational Amplifier 17
20 ภาพแสดงวงจร Non-inverting Operational Amplifier 18
21 ภาพแสดงรุ่นต่างๆของ Arduino 20
22 การส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังบอร์ด Arduino 20
23 เลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload 21
24 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด 21
25 ตรวจความถูกต้อง Compile โค้ดโปรแกรมและการUpload โค้ดโปรแกรม 22
26 ภาพแสดงหน้าแรกเมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมา 22
27 ภาพแสดงแผนผังดำเนินงานวิจัย 24
29 ภาพแสดงโฟลว์ชาร์ตของเครื่องควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ 25

Mahasarakham University

บัญชีภาพประกอบ (ต่อ)

ภาพประกอบ **หน้า**

30 ภาพแสดงหลักการทำงานเบื้องต้น 26
31 Current Sensor ESEN141 26
32 ภาพแสดงส่วนประกอบต่างๆของ Arduino Uno R3 27
33 ภาพแสดงรีเลย์ 1 Channel 5 V Relay Module 30 A High Power 28
34 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 1 30
35 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 2 30
36 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 3 31
37 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 4 31
38 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 5 32
39 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 6 32
40 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 7 33
41 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 8 33
42 แสดงการเลือกบอร์ด Aduino ขั้นตอนที่ 1 34
43 แสดงการเลือกบอร์ด Aduino ขั้นตอนที่ 2 34
44 แสดงการเลือกบอร์ด Aduino ขั้นตอนที่ 3 35
45 แสดงการเลือกบอร์ด Aduino ขั้นตอนที่ 4 35
46 แสดงการเลือกบอร์ด Aduino ขั้นตอนที่ 5 36
47 แสดงการเลือกบอร์ด Aduino ขั้นตอนที่ 6 36
48 แสดงการเชื่อมต่อระหว่างArduinoกับCurrent Sensor 37
49 แสดงโค้ดสำเร็จรูป 37
50 แสดงค่าจากCurrent Sensor 38
51 แสดงส่วนประกอบต่างๆในตู้ควบคุม 38
52 แสดงติดตั้งกับตู้คอนโทรลปั๊มน้ำ 39
53แสดงการเริ่มทำงานผ่าน Serial Monitor 39
54 แสดงจบการทำงานผ่าน Serial Monitor 40

Mahasarakham University

บทที่ 1

บทนำ

1.1 หลักการและเหตุผล

ในอาคารบ้านเรือนหรือสถานที่ต่างๆ นั้นจะมีการใช้น้ำโดยการใช้ปั๊มน้ำเพื่อสูบน้ำจากแหล่งน้ำนำไปใช้ประโยชน์และส่งไปยังที่ต่างๆ บ่อยครั้งในการปั๊มน้ำจะต้องเดินไปเปิด – ปิดปั๊มน้ำ นอกจากนี้ต้องมาค่อยปิดปั๊มน้ำและบ่อยครั้งก็เปิดปั๊มน้ำไว้จนลืมปิดปั๊มน้ำ ทำให้สิ้นเปลืองค่าใช้จ่ายและยังสิ้นเปลืองพลังงานทั้งน้ำและไฟฟ้า ซึ่งพลังงานดังกล่าวมีความสำคัญต่อมนุษย์อย่างมาก มนุษย์ยังนำพลังงานเหล่านี้ไปใช้ประโยชน์ในด้านต่างๆ ทั้งในด้านการอุปโภคบริโภค ด้านการเกษตร ด้านอุตสาหกรรม นันทนาการ และกิจกรรมต่างๆ ซึ่งนับวันการใช้พลังงานเริ่มมีมากขึ้น แต่ขณะเดียวกันพลังงานที่ใช้อยู่เริ่มจะไม่เพียงพอต่อความต้องการของมนุษย์ ทำให้มนุษย์ตระหนักถึงการใช้พลังงานอย่างมีคุณค่าและประโยชน์สูงสุด

ด้วยเหตุนี้ทางคณะผู้จัดทำโครงงานจึงมีความสนใจที่จะศึกษาและออกแบบระบบควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำเพื่อการประหยัดน้ำด้วยวงจรอิเล็กทรอนิกส์ โดยระบบนี้จะมีไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม ซึ่งนำระบบควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำมาช่วยในการตัดการทำงานของปั๊มน้ำโดยอัตโนมัติหลังจากปั๊มน้ำทำงานครบตามระยะเวลาที่กำหนดไว้ในไมโครโปรเซสเซอร์

1.2 วัตถุประสงค์ของการศึกษา

1.2.1 ศึกษาการทำงานของวงจรระบบควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ

1.2.2 ศึกษาการทำงานของ Microprocessor ที่ใช้ในการควบคุมอุปกรณ์ไฟฟ้า

1.2.3 สร้างระบบควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ

1.2.3 ศึกษาการเขียนภาษา C เพื่อเขียนคำสั่งใน Microprocessor

1.3 ขอบเขตการศึกษา

1.3.1 สร้างวงจรระบบตรวจจับการรั่วของท่อน้ำ โดยใช้ Current Sensor

1.3.2 ทดสอบระบบควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำจากปั๊มน้ำตามหมู่บ้าน

1.3.3 สร้างชุดควบคุมการทำงานจาก Microprocessor

Mahasarakham University

1.4 ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

1.4.1 เข้าใจหลักการทำงานของระบบควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ

1.4.2 เข้าใจหลักการทำงานของ Microprocessor

1.4.3 สามารถนำวงจรไปประยุกต์ใช้งานอื่นๆได้

1.4.4 สามารถนำเครื่องควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ

1.4.5 จะเป็นทางเลือกในการนำไปใช้ประโยชน์ในครัวเรือนและสถานที่ต่างๆ

1.5 ขั้นตอนการดำเนินงานปริญญานิพนธ์

ในการศึกษาครั้งนี้มีวิธีการดำเนินการทำปริญญานิพนธ์ ดังต่อไปนี้

1.5.1 วางแผนการดำเนินงาน

1.5.2 ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ

1.5.3 ทำการทดลอง

1.5.4 วิเคราะห์และตรวจสอบผลการทดลอง

1.5.5 สรุปผลและจัดทำปริญญานิพนธ์

ระยะเวลาในการดำเนินการศึกษา ตั้งแต่ สิงหาคม 2557 ถึง เมษายน 2558

ตาราง 1 แผนการดำเนินงานปริญญานิพนธ์

หัวข้อการวิจัย	ภาคเรียนที่ 1/2557				ภาคเรียนที่ 2/2557			
	ส.ค. 57	ก.ย. 57	ต.ค. 57	พ.ย. 57	ม.ค. 58	ก.พ. 58	มี.ค. 58	เม.ย. 58
1. วางแผนการดำเนินงาน	←	→						
2. ศึกษางานวิจัยที่เกี่ยวข้องกับระบบควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ	←	—	—	→				
3. ทำการทดลอง					←	—	→	
4. วิเคราะห์และตรวจสอบ							←	→
5. สรุปผลและจัดทำปริญญานิพนธ์								← →

Mahasarakham University

1.6 สถานที่ดำเนินการศึกษา

คณะวิศวกรรมศาสตร์ มหาวิทยาลัยมหาสารคาม ตำบลขามเรียง อำเภอกันทรวิชัย จังหวัดมหาสารคาม

1.7 งบประมาณ

Current Sensor	900	บาท
ค่าไมโครคอนโทรลเลอร์	800	บาท
ค่าไมโครคอนโทรลเลอร์(combo set)	1,550	บาท
Relay	1,000	บาท
ค่าใช้สอยอื่นๆ	2,000	บาท
รวม	6,250	บาท

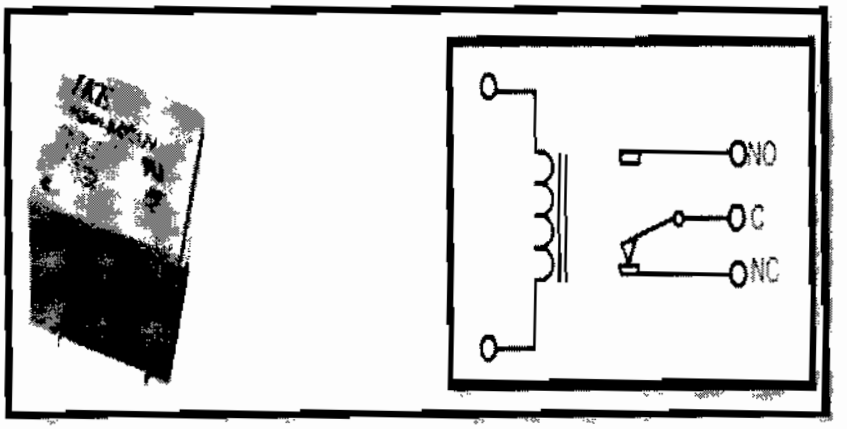
Mahasarakham University

บทที่ 2

เอกสารวิจัยที่เกี่ยวข้อง

2.1 รีเลย์ (Relay)

Relay คือ อุปกรณ์ไฟฟ้า-อิเล็กทรอนิกส์ทำหน้าที่ตัดต่อวงจร แบบเดียวกับสวิตช์ และจะทำงานโดยอาศัยการจ่ายพลังงานไฟฟ้าให้กับรีเลย์ รีเลย์นั้นมีมากมายหลายประเภท เช่น รีเลย์ขนาดเล็กที่ใช้ในงานอิเล็กทรอนิกส์ หรือ รีเลย์ขนาดใหญ่ที่ใช้ในงานทางไฟฟ้ากำลังเป็นต้น โดยมีรูปร่าง หน้าตาแตกต่างกันไปบ้าง แต่หลักการทำงานนั้นจะคล้ายกัน แต่ในที่นี้จะขอกล่าวหลักการรีเลย์ขนาดเล็กที่พบเห็นในงานอิเล็กทรอนิกส์ทั่วไป

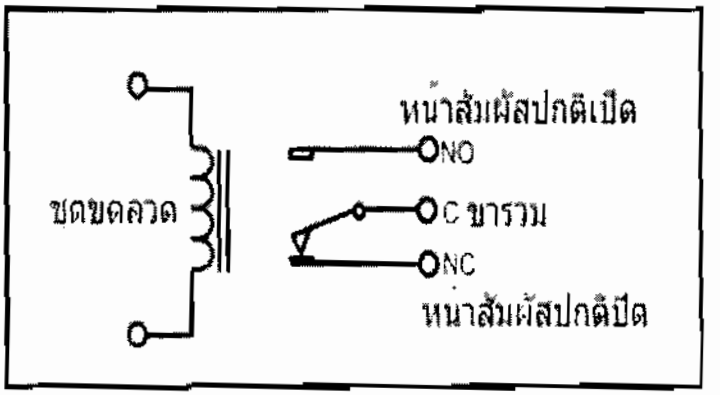


ภาพประกอบ 1 ภาพแสดงรีเลย์และสัญลักษณ์ของรีเลย์ (มงคล พรหมเทศ. งานไฟฟ้าทั่วไป. กรุงเทพฯ : เอมพันธ์, 2542.)

2.1.1 โครงสร้างของรีเลย์

ภายในโครงสร้างของ รีเลย์ จะประกอบไปด้วยขดลวด 1 ชุด และ หน้าสัมผัส ซึ่งในหน้าสัมผัส 1 ชุด ซึ่งจะประกอบไปด้วย หน้าสัมผัสแบบปกติปิด (Normally Close หรือ NC.) ซึ่งในสภาวะปกติ ขานี้จะต่ออยู่กับขาร่วม (C) และ หน้าสัมผัสแบบปกติเปิด (Normally Open หรือ NO.) ขานี้จะต่อเข้ากับขาร่วม (C) เมื่อขดลวดมีแรงดันตกคร่อม หรือกระแสไหลผ่าน (ในปริมาณที่เพียงพอ) ใน รีเลย์ 1 ตัว อาจมีหน้าสัมผัสมากกว่า 1 ชุด ซึ่งขึ้นอยู่กับผู้ผลิต

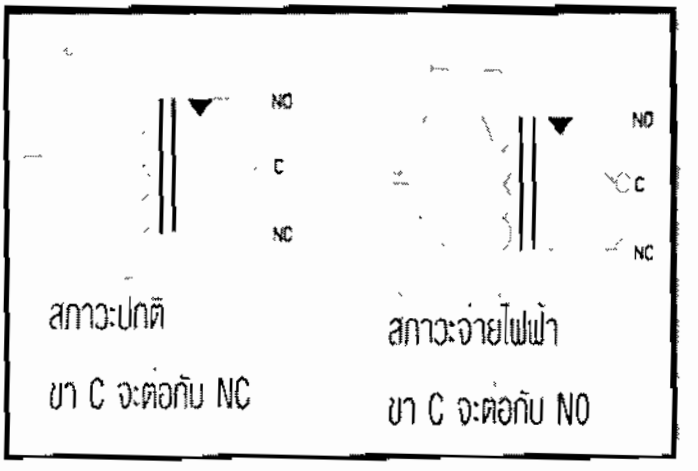
Mahasarakham University



ภาพประกอบ 2 สัญลักษณ์ของรีเลย์แทนโครงสร้างรีเลย์ (มงคล พรหมเทศ. งานไฟฟ้าทั่วไป. กรุงเทพฯ : เอมพันธ์, 2542.)

2.1.2 หลักการทำงานของรีเลย์

รีเลย์จะทำงานตามหลักการแม่เหล็กไฟฟ้าเมื่อเรานำเอาขดลวดพันรอบแกนเหล็กหลายรอบแล้วป้อนกระแสไฟฟ้าเข้าในขดลวดนั้น แกนเหล็กจะกลายเป็นแม่เหล็ก(แต่จะเป็นแบบชั่วคราวเท่านั้น) และเมื่อเรานำไฟฟ้าออกแกนเหล็กจะกลายเป็นแกนเหล็กธรรมดา

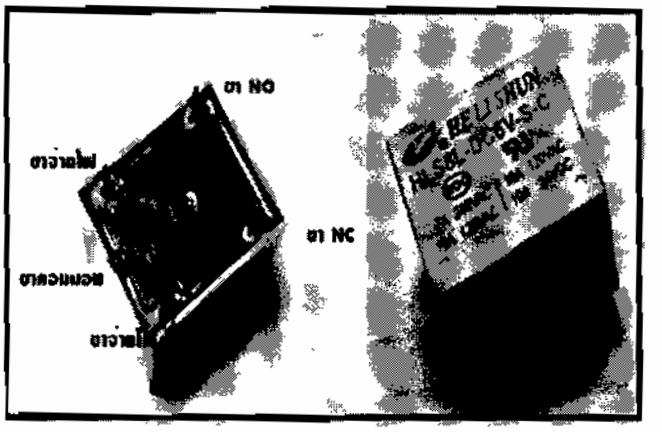


ภาพประกอบ 3 สภาวะการทำงานของรีเลย์ (มงคล พรหมเทศ. งานไฟฟ้าทั่วไป. กรุงเทพฯ : เอมพันธ์, 2542: เวปไซต์)

เมื่อรีเลย์อยู่ในสภาวะปกติยังไม่มีการจ่ายกระแสให้รีเลย์ หน้าสัมผัส NC กับ C จะต่อถึงกัน ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลผ่านไปได้ และเมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าให้รีเลย์ ทำให้ชุดขดลวดเกิดเป็นแม่เหล็ก อำนาจ

Mahasarakham University

แม่เหล็กจะดึงหน้าสัมผัส C มาต่อกับหน้าสัมผัส NO ทำให้กระแสไฟฟ้าไหลจาก NO ไปยัง C ได้ และเมื่อเราเอากระแสไฟฟ้าออกจากรีเลย์ หน้าสัมผัส C จะถูกสปริงดึงไปให้ติดกับหน้าสัมผัส NC ดังเดิม



ภาพประกอบ 4 ภาพแสดงด้านล่างของรีเลย์แสดงตำแหน่งขาและด้านบนแสดงรายละเอียดการใช้งาน
(มงคล พรหมเทศ.งานไฟฟ้าทั่วไป. กรุงเทพฯ : เอมพันธ์, 2542 :เวปไซต์)

ขาจ่ายแรงดันใช้งาน ซึ่งจะมีอยู่ 2 ขา จากภาพประกอบ 3 จะเห็นสัญลักษณ์ขดลวดแสดงตำแหน่งขา coil หรือขาต่อแรงดันใช้งานขาของรีเลย์จะประกอบไปด้วยตำแหน่งต่างๆ ดังนี้

- ขา c หรือขา Common จะเป็นขาต่อระหว่าง NO และ NC
- ขา NO (Normally opened หรือปกติเปิด) โดยปกติขานี้จะเปิดเอาไว้ จะทำงานเมื่อมีการป้องแรงดันให้รีเลย์
- ขา NC (Normally closed หรือปกติปิด) โดยปกติขานี้จะต่อกับขา C ในกรณีที่ไม่ได้จ่ายแรงดันหน้าสัมผัสของ C และ NC จะต่อถึงกัน

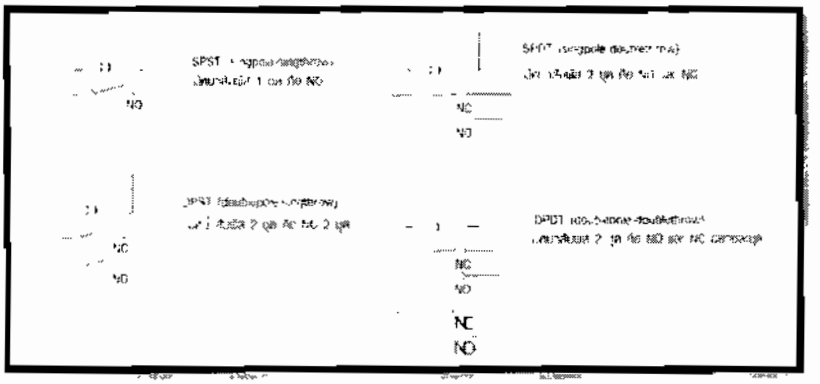
2.1.3 ข้อคำนึงในการใช้รีเลย์ทั่วไป

1. แรงดันใช้งาน หรือแรงดันที่ทำให้รีเลย์ทำงานได้ สังเกตได้จากตัวรีเลย์จะระบุค่าแรงดันใช้งานไว้ เช่น 12 VDC คือต้องใช้แรงดัน 12 V หากใช้มากกว่าค่าที่ระบุไว้ขดลวดภายในอาจจะขาดได้หรือหากใช้แรงดันต่ำกว่าตัวรีเลย์มากไปรีเลย์จะไม่ทำงาน

2. การใช้งานกระแสผ่านหน้าสัมผัส ซึ่งตัวรีเลย์จะระบุไว้เช่น 10 A 220 AC คือ หน้าสัมผัสของรีเลย์นั้นสามารถทดกระแสได้ 10 A ที่ 220 VAC ถ้าใช้งานเกินกว่าที่ 10 A จะทำให้หน้าสัมผัสของรีเลย์ละลายทำให้เสียหายได้ แต่ไม่มีผมต่อการใช้งานที่กระแสต่ำกว่า

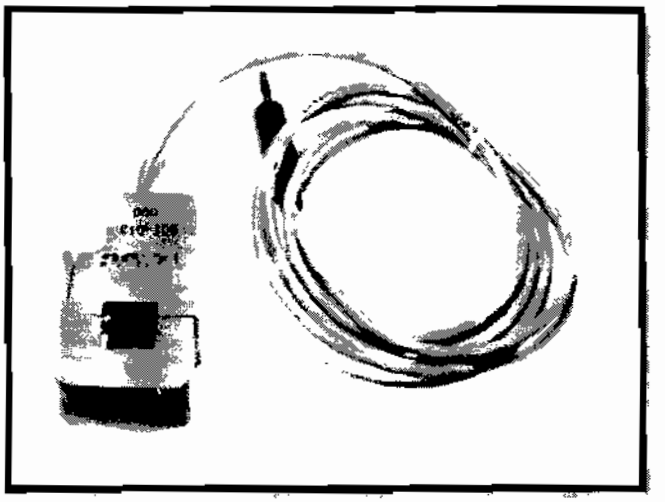
3. เช็คจำนวนหน้าสัมผัสการใช้งาน และขั้วคอมมอนของรีเลย์

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 5 ภาพแสดงจำนวนหน้าสัมผัส (มงคล พรหมเทศ. งานไฟฟ้าทั่วไป. กรุงเทพฯ : เอมพันธ์, 2542 :เวปไซต์)

2.2 เซ็นเซอร์ Current Sensor



ภาพประกอบ 6 ภาพแสดงเซนเซอร์ Current Sensor ESEN141 (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

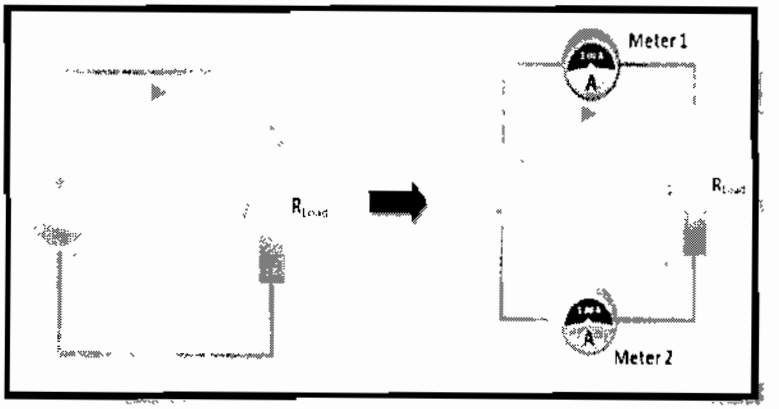
2.2.1 ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Current Sensor (เซ็นเซอร์วัดกระแส)

สมมติว่ามีวงจรหนึ่งที่ประกอบด้วย แหล่งจ่ายไฟ และโหลด (R_{Load}) กระแส (I) จะไหลจากขั้วบวกของแหล่งจ่าย ผ่านโหลดและไปยังขั้วลบของแหล่งจ่าย ถ้าต้องการทราบกระแส (I) ที่ไหลผ่านโหลด (R_{Load}) วิธีที่ง่ายที่สุดคือใช้สูตร

Mahasarakham University

$$I=V/R \qquad (2.1)$$

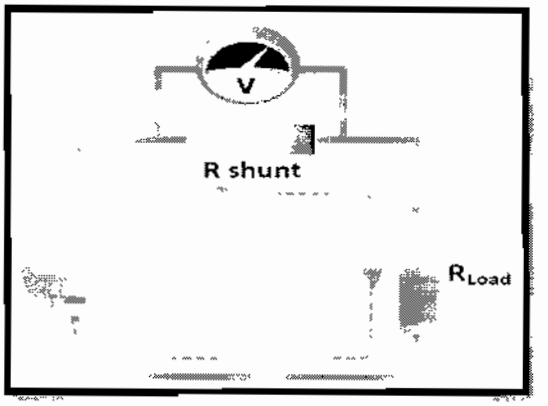
คือต้องทราบแรงดันแหล่งจ่าย (V) ค่าความต้านทานโหลด (R) ก็จะทราบกระแส (I) ที่ไหลผ่านโหลด (R_{Load}) หรือใช้ Multimeter ต่ออนุกรมกับโหลด (R_{Load}) ซึ่งสามารถวัด ก่อนเข้าโหลด (Meter1) หรือหลังโหลด (Meter2) ดังภาพ Meter ทั้งสองจะอ่านกระแสได้เท่ากัน



ภาพประกอบ 7 ภาพแสดงวงจรสมมูลและการวันหาค่ากระแสในวงจร (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

2.2.2 รูปแบบการวัดกระแส

1. Current Sensing Resistors



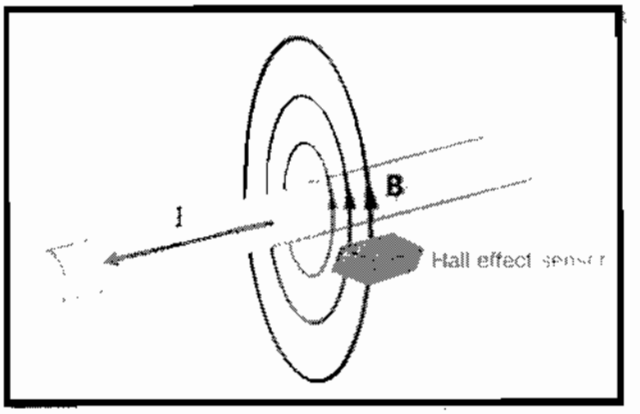
ภาพประกอบ 8 ภาพแสดงวงจรเบื้องต้น การวัดกระแสโดยใช้ R Shunt (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

Mahasarakham University

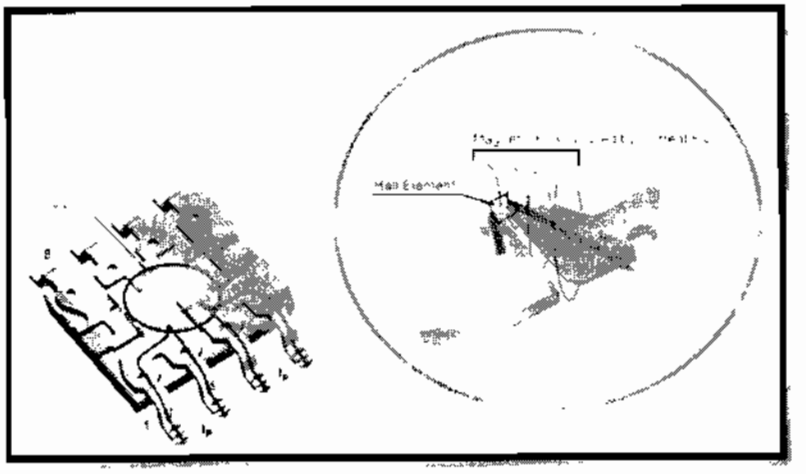
การวัดกระแสโดยใช้ R Shunt โดยอาศัยหลักการคือ วัดแรงดันที่ตกคร่อม R ค่าน้อยๆ ซึ่งต่ออนุกรมกับ R_{Load} เรียกว่า R_{shunt} และ คำนวณกลับเป็นกระแส โดยจากสูตร

$I = V_{shunt} / R_{shunt}$ และสามารถวัดได้ทั้งไฟ DC และ AC (2.2)

2. Hall Effect Sensor



ภาพประกอบ 9 ภาพแสดงวงจรเบื้องต้น การวัดกระแสโดยใช้ Hall effect sensor (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

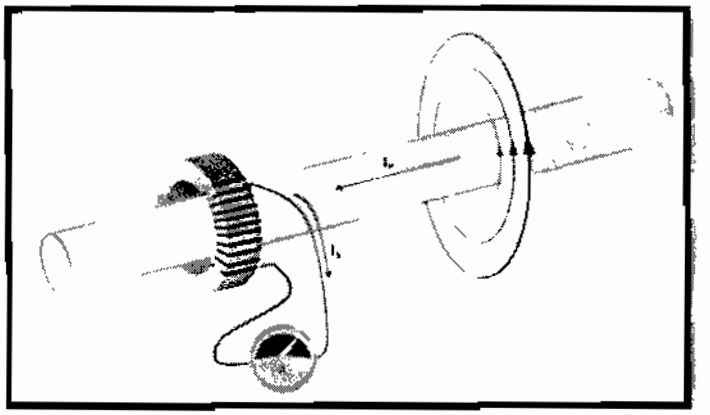


ภาพประกอบ 10 ภาพแสดงเซ็นเซอร์ Hall effect ภายในชิป ตระกูล ACS (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

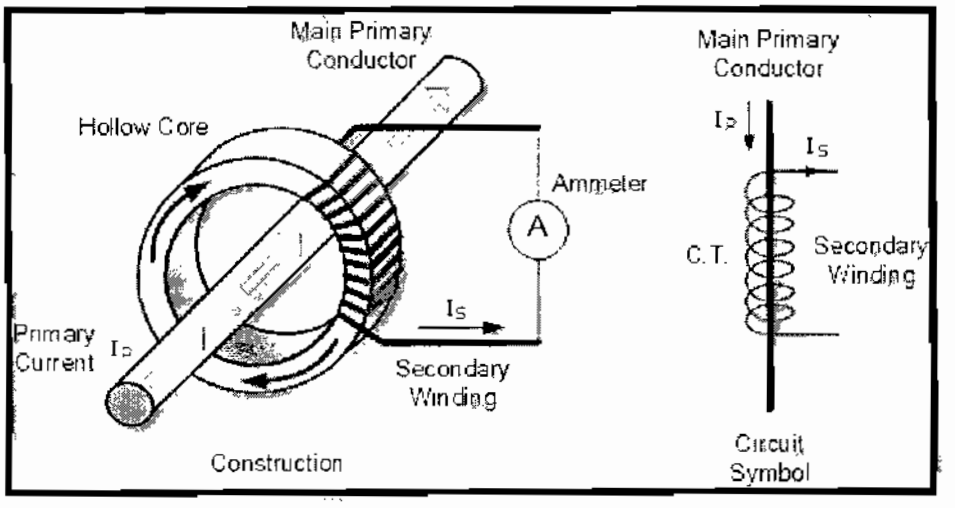
Mahasarakham University

Hall effect sensor เป็นการวัดกระแสทางอ้อม เมื่อเราจ่ายกระแสไฟฟ้าแบบ DC หรือ AC จะทำให้เกิดเส้นสนามแม่เหล็กรอบสายไฟ เมื่อเซ็นเซอร์ Hall effect อยู่ในบริเวณเส้นสนามแม่เหล็กของสายไฟ จะส่งสัญญาณออกมา ตามระดับสนามแม่เหล็กที่วัดได้

3. Current Transformer



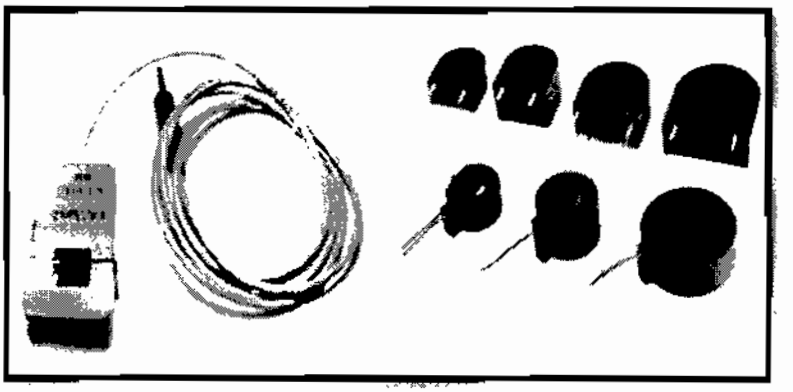
ภาพประกอบ 11 ภาพแสดงหลักการวัดกระแสโดยใช้ Current transformer (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)



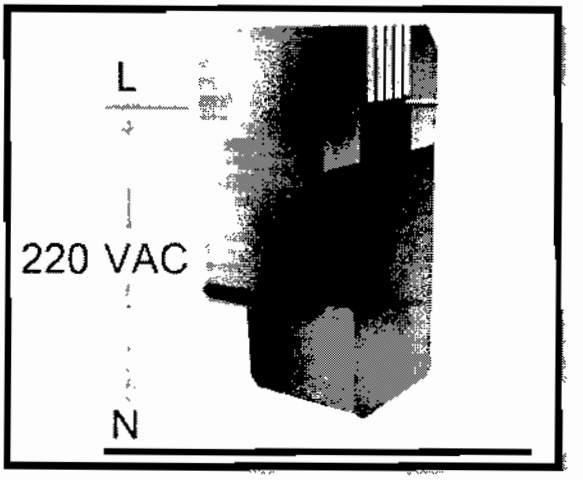
ภาพประกอบ 12 ภาพสัญลักษณ์ของ Current Transformer (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

Mahasarakham University

Current Transformer เป็นการวัดกระแสไฟฟ้าทางอ้อมเช่นกัน โดยใช้หลักการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็กเหมือนกับหม้อแปลงไฟฟ้า แต่เปลี่ยนให้ฝั่ง Primary เป็นสายไฟที่ต้องการวัดกระแสแทน และมีเพียงขดลวดฝั่ง Secondary เรียกว่า Current Transformer เมื่อจ่ายกระแสไฟฟ้าสลับไหลผ่านสายไฟ จะทำให้เกิดเส้นสนามแม่เหล็กเปลี่ยนแปลงไปมา และไปตัดกับขดลวดที่พันรอบแกน Inductive Sensor ทำให้เกิดกระแสไฟฟ้าขึ้นเมื่อต่อกับโหลด ซึ่งจะวัดได้เฉพาะกระแสไฟฟ้า AC เท่านั้น กรณีที่จ่ายกระแสไฟฟ้า DC เข้าไปในสายไฟ จะไม่มีการเปลี่ยนแปลงของสนามแม่เหล็ก ซึ่งจะไม่เกิดการเหนี่ยวนำของสนามแม่เหล็ก หลักการนี้สามารถนำไปใช้กับ Clamp meter



ภาพประกอบ 13 ภาพแสดง Current Transformer แบบต่างๆ (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)



ภาพประกอบ 14 ภาพแสดงการคีบเซนเซอร์ในสาย Line (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

Mahasarakham University

ในกรณีที่เราวัดกระแสไฟฟ้าที่ฝั่ง Secondary ได้ต่ำมาก เป็นเพราะโหลดกินกระแสน้อยมาก เมื่อเทียบกับย่านที่ Current Transformer วัดได้ เช่น นำ Current Transformer ที่เหมาะสำหรับวัดในย่านกระแส 100A ไปใช้วัดกระแสที่หลอดไฟ ซึ่งมีปริมาณน้อยมาก เมื่อเทียบกับย่านที่เซ็นเซอร์วัดได้ ผู้ใช้ต้องเพิ่มสัญญาณให้มากกว่านี้ วิธีแก้ไขหนึ่งคือการ เพิ่มรอบขดลวดในฝั่ง Primary เพื่อลดอัตรา Turn Ratio ลง จากสูตร

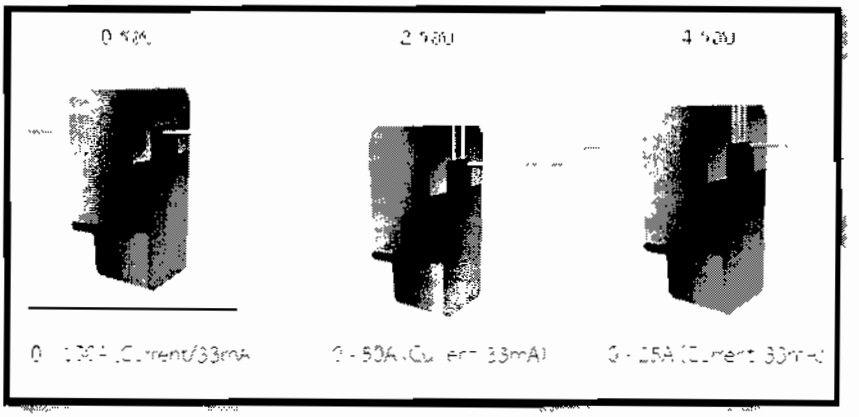
$$T.R = \frac{N_p}{N_s} = \frac{I_s}{I_p} \qquad (2.3)$$

เมื่อ N_p รอบขดลวดในฝั่ง Primary

N_s รอบขดลวดในฝั่ง Secondary

I_p กระแสผ่านขดลวดฝั่ง Primary

I_s กระแสผ่านขดลวดฝั่ง Secondary

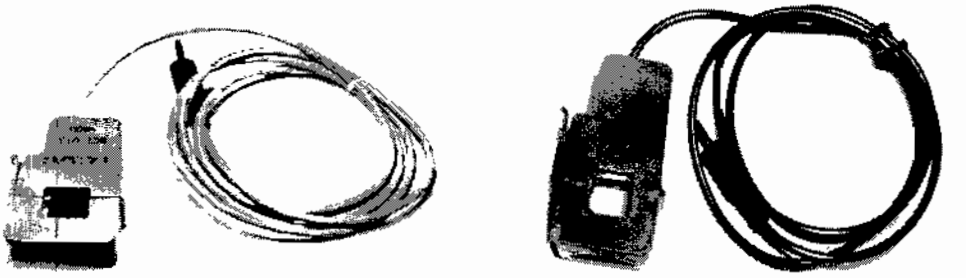


ภาพประกอบ 15 ภาพแสดงการพันสายไฟ (Line) และกระแสที่ได้
ตามจำนวนรอบที่พัน (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

2.2.3 ตัวอย่างการใช้งาน Current Sensors ประเภท Current Transformer Sensor

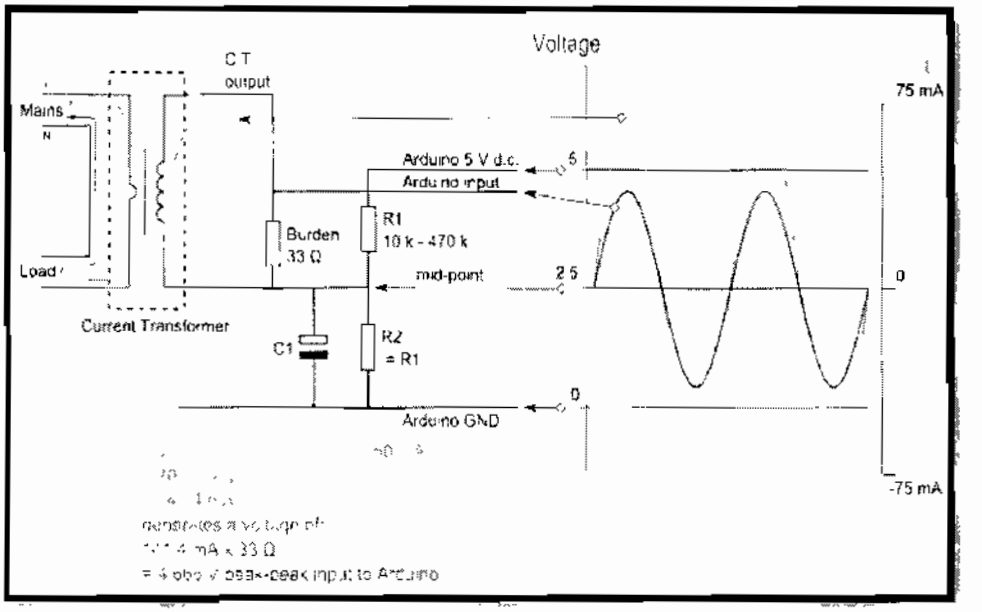
การเปรียบเทียบคุณสมบัติของ Current Sensor (เซ็นเซอร์วัดกระแส) รุ่นต่างๆ จะมี รุ่น ESEN141, รุ่น ESEN148 ทั้ง 2 ต่างกันตรงย่านการวัด แต่หลักการใช้งานเหมือนกันคือวัดค่าออกมาเป็นกระแส แต่ ESEN148 ให้สัญญาณออกมาเป็นแรงดัน ในที่นี้จะยกตัวอย่าง ESEN141 Non-Invasive Current Sensor - (100A Max) Current Output

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 16 ภาพแสดง Current Sensor รุ่น ESEN141 (สีฟ้า)
และรุ่นESEN148 (สีแดง) (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

เนื่องจากตัวรุ่น ESEN141 ให้สัญญาณออกมาเป็นกระแส ไม่สามารถนำไปต่อกับ MCU โดยตรง ต้องแปลงให้เป็นแรงดันก่อนใช้หลักการ V= I x R ต่อ R Burden เข้ากับเซ็นเซอร์ แล้วให้ MCU วัดแรงดันที่ตกคร่อม R Burden อีกที แต่สัญญาณหลัง R Burden ยังเป็นสัญญาณ AC อยู่ แต่ MCU รับสัญญาณไฟ DC ที่ 0-VCC ดังนั้นต้องยกระดับขึ้นไป 2.5 V จากวงจร R divider



ภาพประกอบ 17 ภาพแสดงการยกระดับแรงดันสัญญาณด้วย
DC Bias (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

Mahasarakham University

2.2.4 การคำนวณหาค่า R Burden

1. กำหนดย่านการวัด เราต้องทราบก่อนว่าต้องการวัดกระแสในย่านเท่าไหร่หรือโหลดกินกระแสเท่าไหร่ ถ้ากำหนดย่านสูงเกินไป สัญญาณที่ออกมามีขนาดเล็ก จะไม่เห็นความแตกต่างของสัญญาณมากนัก ในตัวอย่างนี้กำหนดที่ 100 A คือที่เซ็นเซอร์สามารถวัดได้สูงสุด

2. หาค่ากระแสสูงสุดในฝั่ง Primary (Primary peak-current) โดยคูณค่ากระแส RMS ด้วย $\sqrt{2}$

Primary peak-current = RMS current × $\sqrt{2}$

= 100 A × 1.414

= 141.4A

3. หาค่ากระแสสูงสุดในฝั่ง Secondary (Secondary peak-current) โดยนำค่า Primary peak-current ไปหารจำนวนรอบของ CT ในรุ่นนี้คือ 2000

Secondary peak-current = Primary peak-current / no. of turns

= 141.4 A / 2000

= 0.0707A

4. หาค่า R Burden เมื่อ CT วัดกระแสได้สูงสุด ค่าแรงดันสูงสุดที่ผ่าน R Burden จะต้องไม่เกินไฟแรงดันอ้างอิงของพอร์ต ADC (analog reference voltage (AREF)) ของ MCU ที่ใช้ โดยนำไปหาร 2 ก่อน ถ้าใช้บอร์ด Arduino แรงดัน AREF คือ 5V : AREF /2 =5/2=2.5V ดังนั้นจะหา ค่าความต้านทาน R Burden ในอุดมคติจะหาได้จาก

Ideal burden resistance = (AREF/2) / Secondary peak-current

= 2.5 V / 0.0707 A

= 35.4 Ω

แต่ค่า R ทั่วไปที่ใกล้เคียงที่สุดนั้นไม่ใช่ 35 Ω ดังนั้นค่าที่ใกล้เคียงที่สุด คือ 39 Ω หรือ 33 Ω ถ้าเลือกใช้ MCU ตัวอื่นที่ใช้ไฟ AREF ที่ 3.3 V ดังนั้นจะหาค่า R Burden ได้จาก

Ideal burden resistance = (AREF/2) / Secondary peak-current

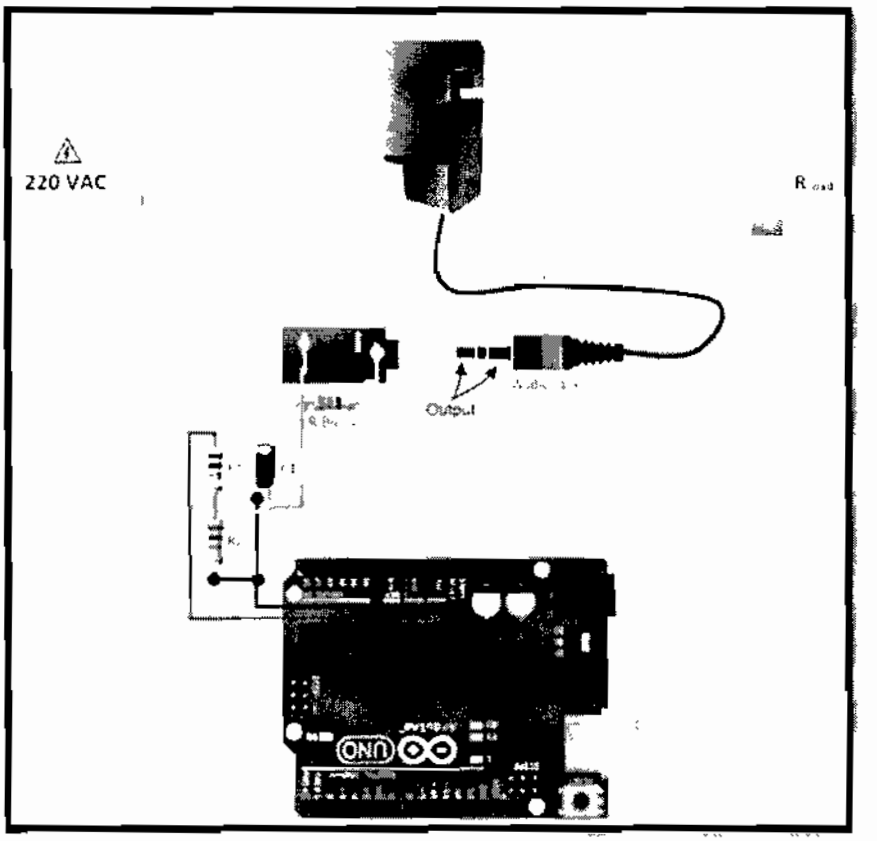
= 1.35V / 0.0707A

= 19.1 Ω

Mahasarakham University

5. ยกระดับแรงดันสัญญาณ ด้วยวิธี DC Bias ตอนนี้ถ้าเราต่อ CT เข้ากับ R burden และทำการวัดกระแส สัญญาณที่ออกมาจาก CT จะยังเป็นสัญญาณ AC อยู่ ดังนั้นถ้าต่อเข้ากับ MCU ที่วัดสัญญาณที่วัดสัญญาณ DC เท่านั้น ต้องยกระดับสัญญาณ AC เป็นไฟ DC โดยจะยกไป AREF/2 จากวงจรแบ่งแรงดัน (Voltage Divider) จาก R1 และ R2 จากสูตร Vout = Vin x R2 /(R1 + R2) เช่น ถ้าใช้บอร์ด Arduino ขึ้นไป 2.5 V จึงเลือกใช้ค่า R1, R2 ที่ 100k Ω เท่ากัน ส่วน Capacitor C1 ทำหน้าเป็น Filter noise แนะนำเป็น 10 uF

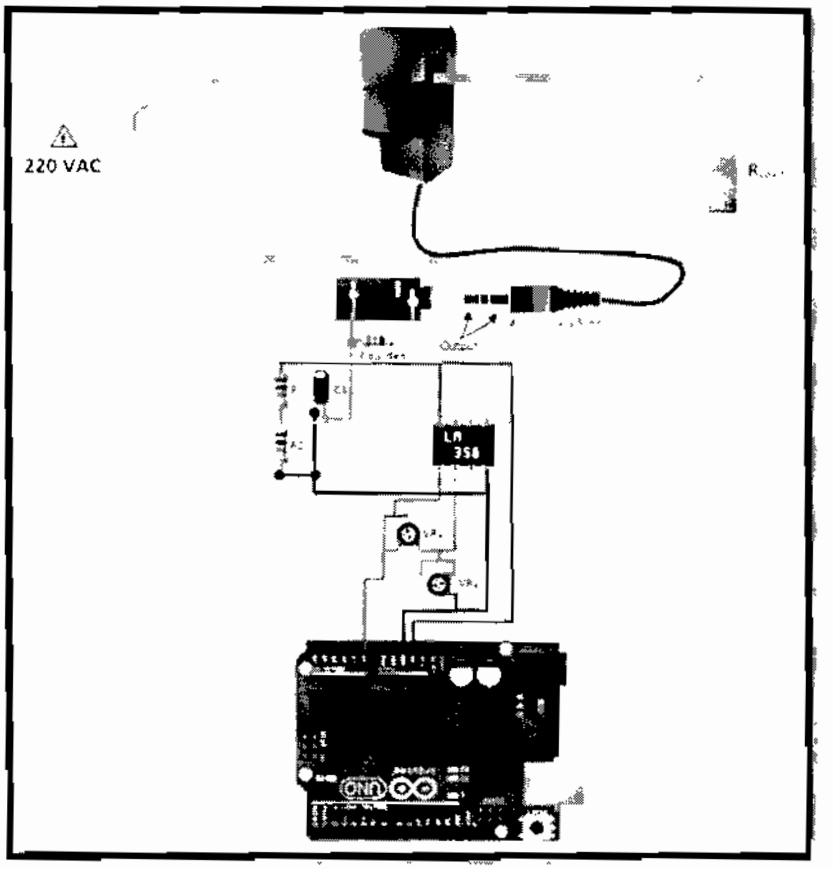
วงจรใช้งาน Non-Invasive Current Sensor - (100A Max) กับ Arduino วัดไฟฟ้ากระแสสลับ



ภาพประกอบ 18 ภาพแสดงการต่อ R Burden คร่อมกับขาเอาท์พุตของเซ็นเซอร์ ข้างหนึ่งต่อกับวงจรR divider ที่ลดทอนเหลือ 2.5 V และข้างหนึ่งของ R Burden ต่อเข้ากับขา ADC 1 ของ Arduino (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

Mahasarakham University

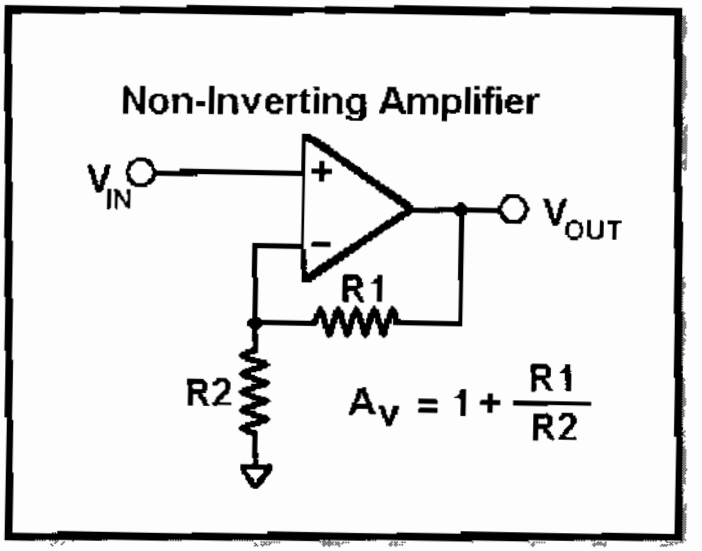
จากภาพที่ 18 จะเห็นได้ว่า ต่อ R Burden คร่อมกับขาเอาท์พุตของเซ็นเซอร์ จากที่ได้คำนวณมาแล้วข้างต้น ข้างหนึ่งต่อกับวงจร R divider ที่ลดทอนเหลือ 2.5 V และข้างหนึ่งของ R Burden ต่อเข้ากับ ขา ADC 1 ของ Arduino



ภาพประกอบ 19 ภาพแสดงการต่อวงจรขยายแบบ Non-inverting Operational Amplifier โดยใช้ Op-amp (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

ในกรณีที่ โหลดที่เซ็นเซอร์วัดอยู่กินกระแสน้อยเกินไป ให้สัญญาณที่ตกคร่อม R Burden ต่ำมาก (ระดับ mV) ผู้ใช้ต้องเพิ่มแอมพลิจูดของสัญญาณให้เหมาะสมกับ แรงดันที่ขา ADC ของ Arduino รับได้ คือไม่เกิน 0 - 5 V โดยอาจจะเพิ่มรอบขดลวดสายไฟที่ฝั่ง Primary หรือต่อวงจรขยายสัญญาณ จากภาพที่ 18 เป็นวงจรขยายแบบ Non-inverting Operational Amplifier โดยใช้ Op-amp เบอร์ LM358 โดยอัตราขยายสัญญาณคำนวณจากสูตร AV = 1+ VR1/VR2 ดังภาพประกอบ 19

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 20 ภาพแสดงการต่อวงจรขยายสัญญาณ เป็นวงจรขยายแบบ Non-inverting Operational Amplifier โดยใช้ Op-amp (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

2.2.5 ตัวอย่างโค้ดโปรแกรม

```
#include "EmonLib.h"                   // Include Emon Library
EnergyMonitor emon1;                   // Create an instance
void setup()
{
 Serial.begin(9600);
emon1.current(1, 111.1);               // Current: input pin, calibration.
}
void loop()
{
double Irms = emon1.calcIrms(1480);  // Calculate Irms only
Serial.print(Irms*230.0);              // Apparent power
Serial.print(" ");
Serial.println(Irms);                  // Irms
}
```

Mahasarakham University

อธิบายคำสั่งโค้ดส่วนต่างๆ

```
#include "EmonLib.h"                   // Include Emon Library
EnergyMonitor emon1;                   // Create an instance
```

ดึงคำสั่งจาก Library EmonLib มาใช้ โดยใช้คำสั่ง #include "EmonLib.h" จากนั้นประกาศ Instance ชื่อ emon1

```
void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  emon1.current(1, 111.1);             // Current: input pin, calibration.
}
```

ในฟังชั่น Setup ก่อนที่จะเริ่มอ่านค่าจากเซ็นเซอร์ ให้เปิดใช้งาน Hardware Serial กำหนด baud rate เป็น 9600 bps กำหนดค่าให้ฟังชั่น current โดยประกอบด้วย ชื่อขาอนาล็อก และค่าที่เซ็นเซอร์อ่านได้สูงสุด

```
void loop()
{
  double Irms = emon1.calcIrms(1480);  // Calculate Irms only
  Serial.print(Irms*230.0);            // Apparent power
  Serial.print(" ");
  Serial.println(Irms);                // Irms
}
```

จากโค้ดจะเห็นได้ว่า

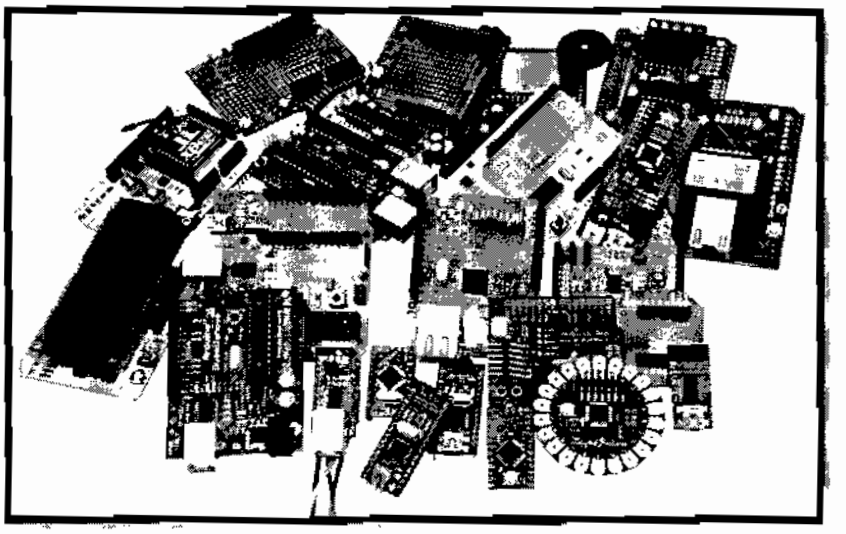
ในฟังก์ชั่น Loop วนอ่านสัญญาณอนาล็อกจากเซ็นเซอร์โดยใช้ฟังชั่น calIrms โดยใส่พารามิเตอร์เป็นจำนวนการอ่าน และเก็บไว้ในตัวแปร Irms จากนั้นส่งค่าตัวแปรแสดงผ่านพอร์ต Serial

2.3 Arduino

อาดุยโน่ (Arduino) เป็นภาษาอิตาลีใช้เป็นชื่อของโครงการพัฒนาไมรโครคอนโทรลเลอร์ตระกูล AVR แบบเปิดแหล่งข้อมูล (open source) ได้รับการปรับปรุงมาจากโครงการพัฒนาเปิดแหล่งข้อมูลของ AVR อีกโครงการหนึ่งชื่อว่า "Wiring" โครงการ Wiring ใช้ AVR เบอร์ATMEGA128 เป็นชิปที่มีตัวถังแบบ SMD (Surface Mount Device) ทำให้เป็นอุปสรรคสำหรับผู้เริ่มต้นสร้างบอร์ดและต่อวงจรชิ้นมากใช้เอง และบอร์ดมีขนาดใหญ่ เกินความเป็นสำหรับผู้เริ่มต้น ไม่ได้รับความนิยม แต่

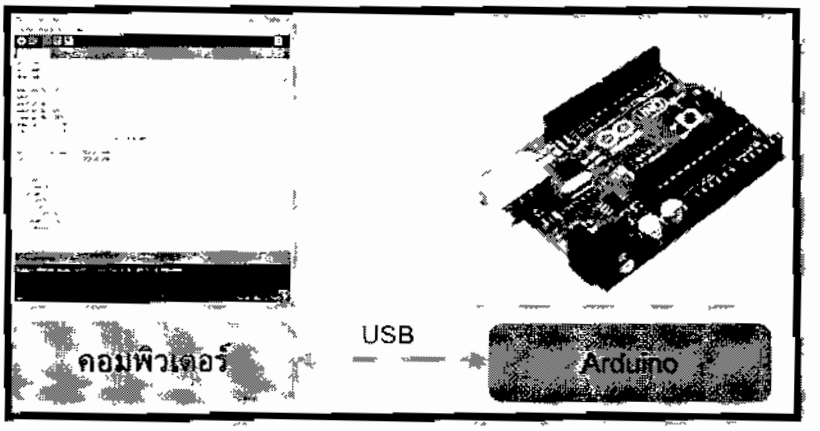
Mahasarakham University

หลังจากที่ทีมงานอาดุยโน่นำรหัสแหล่งข้อมูล (source code) ของ “wiring” มาพัฒนาปรับปรุงใหม่ โดยสามารถใช้กับไมโครคอนโทรลเลอร์ AVR ขนาดเล็กอย่าง MEGA168 ได้ จึงทำให้ระบบวงจรของบอร์ดลดลงกว่า “wiring” มากและยังใช้อุปกรณ์น้อยชิ้นทำให้ง่ายต่อการต่อวงจรใช้งานกันเองและประหยัดต้นทุนในการสร้างบอร์ด ด้วยเหตุนี้เองทำให้อาดุยโน่ได้รับความนิยมจากผู้ใช้งานทั่วโลก



ภาพประกอบ 21 ภาพแสดงรุ่นต่างๆของ Arduino (gravitechthai :2555 :เวปไซต์)

2.3.1 รูปแบบการเขียนโปรแกรมบน Arduino

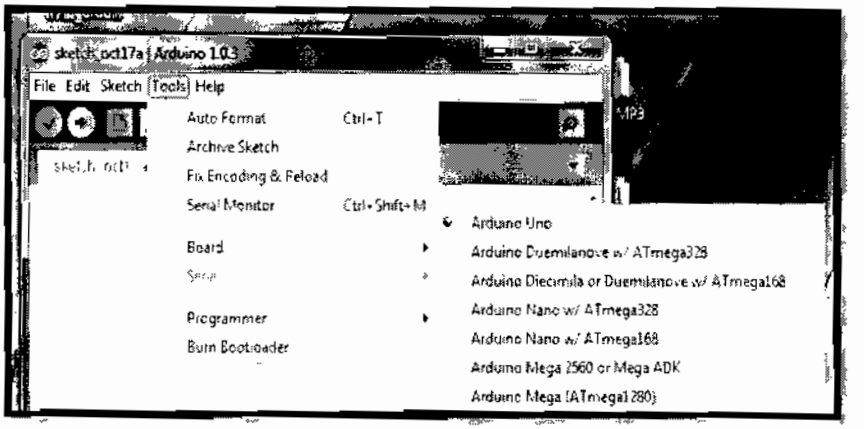


ภาพประกอบ 22 การส่งข้อมูลจากคอมพิวเตอร์ไปยังบอร์ด Arduino (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

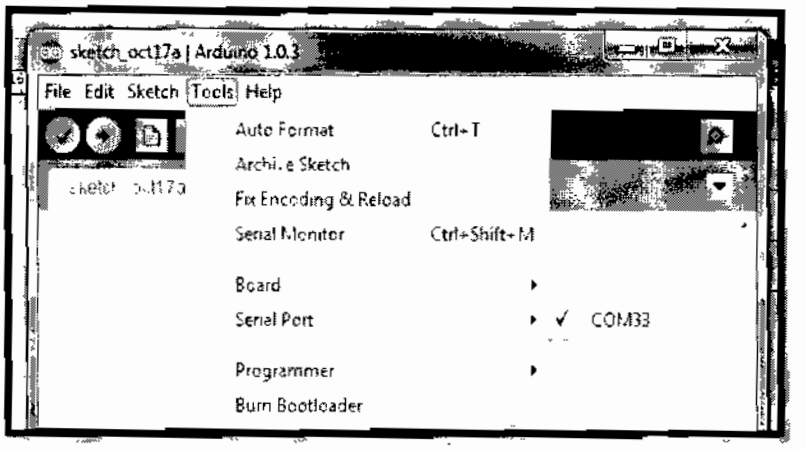
Mahasarakham University

1. เขียนโปรแกรมบนคอมพิวเตอร์ ผ่านทางโปรแกรม Arduino IDE ซึ่งสามารถดาวน์โหลดได้จาก Arduino.cc/en/main/software

2. หลังจากที่เขียนโค้ดโปรแกรมเรียบร้อยแล้ว ให้ผู้ใช้งานเลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ใช้และหมายเลข Com port



ภาพประกอบ 23 เลือกรุ่นบอร์ด Arduino ที่ต้องการ upload (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

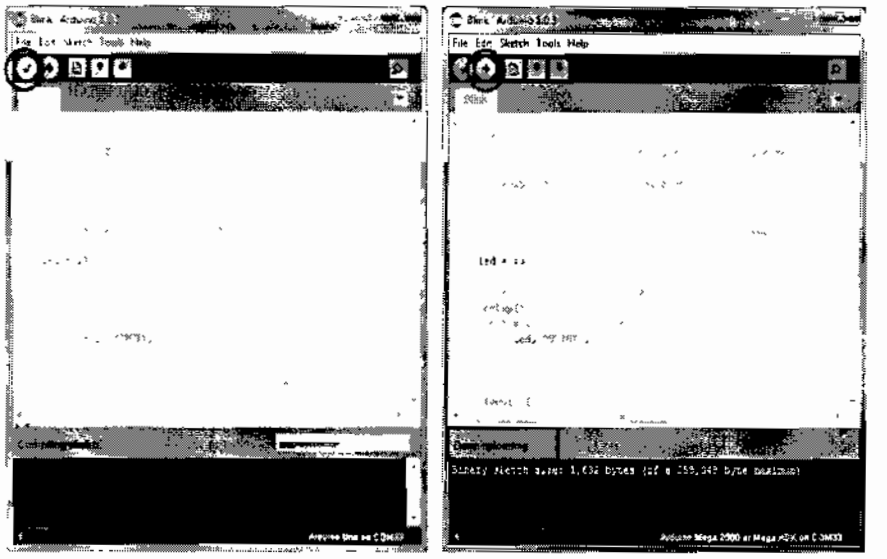


ภาพประกอบ 24 เลือกหมายเลข Comport ของบอร์ด (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

3. กดปุ่ม Verify เพื่อตรวจสอบความถูกต้องและ Compile โค้ดโปรแกรม จากนั้นกดปุ่ม Upload โค้ด โปรแกรมไปยังบอร์ด Arduino ผ่านทางสาย USB เมื่ออัปโหลดเรียบร้อยแล้ว จะ

Mahasarakham University

แสดงข้อความแถบข้างล่าง “Done uploading” และบอร์ดจะเริ่มทำงานตามที่เขียนโปรแกรมไว้ได้ทันที



ภาพประกอบ 25 ตรวจความถูกต้อง Compile โค้ดโปรแกรมและการ Upload โค้ดโปรแกรม (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

2.3.2 โปรแกรมภาษาของArduino IDE

โปรแกรมภาษาของอาดุยโน่ใช้ภาษา C/C++ เป็นรูปแบบภาษาซีประยุกต์ ที่มีโครง สร้างของตัวภาษาใกล้เคียงกับภาษาซีมาตรฐาน (ANSI-C) มีการปรับปรุงแบบการเขียนโปรแกรมและให้ผู้เขียนโปรแกรมได้ง่ายและสะดวกมากกว่าเขียนภาษาซีตามแบบมาตรฐานของ ANSI-C

ภาษาซีของอาดุยโน่จัดแบ่งรูปแบบโครงสร้างของการเขียนโปรแกรมออกเป็นส่วยย่อยหลายส่วน โดยเรียกแต่ละส่วนว่าฟังก์ชัน และเมื่อนำฟังก์ชันมาเข้าด้วยกันก็จะเรียกว่าโปรแกรมโดยตรงสร้างการเขียนโปรแกรมอาดุยโน่นั้น ทุกๆโปรแกรมจะต้องประกอบด้วยฟังก์ชันจำนวนเท่าใดก็ได้ แต่อย่างน้อยที่สุดต้องมีฟังก์ชัน จำนวน 2 ฟังก์ชัน คือ setup ( ) และ loop ( ) ดังตัวอย่างและภาพปรกอบ 26

```
#include <>
Void steup(){}
Void loop(){}
```

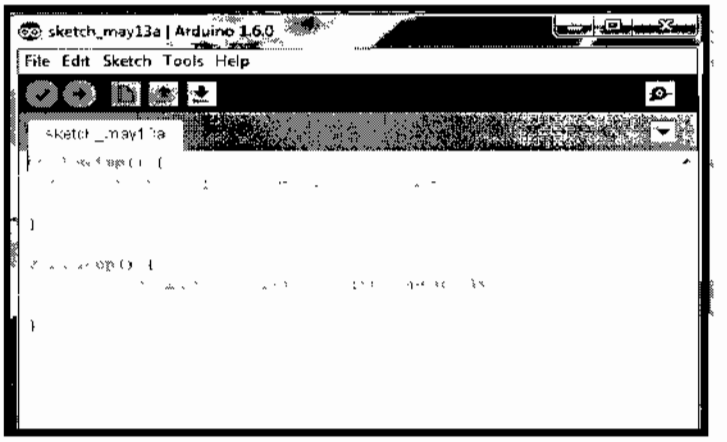
Mahasarakham University

โดยโครงสร้างพื้นฐานของภาษาซีที่ใช้กับอาดุยโน่ประกอบด้วย 2 ส่วน คือ setup ( ) และ loop ( )

- Header คือ ส่วนที่นำเข้าไลบรารี ที่ใช้ในการเขียนโปรแกรมและประกาศตัวแปรใช้ที่ใช้เขียนโปรแกรม

- Setup คือ ส่วนฟังก์ชันบังคับที่ต้องกำหนดทุกโปรแกรม ใช้เป็นตัวกำหนดขอบเขตของฟังก์ชันใช้สำหรับบรรจุคำสั่งในส่วนที่ต้องการให้โปรแกรมทำงานเพียงช่วงเริ่มต้นทำงานของโปรแกรมครั้งแรก ได้แก่ คำสั่วเดียวกับการตั้งค่าการทำงาน เช่น การกำหนดหน้าที่การใช้งานของช่องทาง และการกำหนดอัตราบอด (baud rate) สำหรับการใช้งานช่องทางสื่อสารอนุกรม เป็นต้น

- Loop คือ ส่วนฟังก์ชันบังคับที่ต้องกำหนดทุกโปรแกรมเช่นเดียวกับฟังก์ชัน setup() ฟังก์ชัน loop() ใช้บรรจุคำสั่งที่ต้องการให้โปรแกรมเป็นวนรอบซ้ำกันไปไม่รู้จบ



ภาพประกอบ 26 ภาพแสดงหน้าแรกเมื่อเปิดโปรแกรมขึ้นมา

2.3.3 ภาษาซี C++

ภาษาซี C++ เป็นภาษาโปรแกรมคอมพิวเตอร์อเนกประสงค์ มีโครสร้างภาษาที่มีการจัดชนิดข้อมูลแบบสแตติก (statically typed) และสนับสนุนรูปแบบการเขียนโปรแกรมที่หลากหลาย (multi-paradigm language) ได้แก่ การเขียนโปรแกรมเชิงกระบวนคำสั่ง การนิยามข้อมูล การโปรแกรมเชิงวัตถุ และการโปรแกรมแบบเจเนริก (generic programming) ภาษา C++ เป็นภาษาโปรแกรมเชิงพาณิชย์ที่นิยมมากภาษาหนึ่งนับตั้งแต่ช่วงทศวรรษ 1990

เบียเนอ สเตราสตร็อบ (Bjarne Stroustrup) จากเบลล์เล็บส์ (Bell Labs) เป็นการพัฒนาภาษา C++ (เดิมใช้ชื่อ “C with classes”) ในปี ค.ศ. 1983 เพื่อพัฒนาภาษาซีดั้งเดิม สิ่งที่พัฒนาขึ้นเพิ่มเติมนั้นเริ่มจากการเพิ่มเติมการสร้างคลาสจากนั้นก็เพิ่มคุณสมบัติต่างๆตามมา ได้แก่ เวอร์ชวล

Mahasarakham University

ฟังก์ชันการโอเวอร์โหลดโอเปอเรเตอร์ การสืบทอดหลายสาย เทมเพลต และการจัดการเอกเซพชัน มาตรฐานของภาษา C++ ได้รับการรับรองในปี ค.ศ. 1998 เป็นมาตรฐาน ISO/IEC 14882:1998 เวอร์ชันล่าสุดคือเวอร์ชันในปี ค.ศ. 2003 ซึ่งเป็นมาตรฐาน ISO/IEC 14882:2003 ในปัจจุบันมาตรฐานของภาษาในเวอร์ชันใหม่ (รู้จักกันในชื่อ C++0x) กำลังอยู่ในขั้นพัฒนา

2.3.4 รูปแบบของการออกแบบภาษา C++

- ภาษา C++ ได้ถูกออกแบบมาเพื่อเป็นภาสำหรับการเขียนโปรแกรม สามารถรองรับการเขียนโปรแกรมในระดับภาษาเครื่องได้ เช่นเดียวกับภาษาซี

- ในทางทฤษฎี ภาษา C++ ควรจะมีความเร็วเทียบเท่าภาษาซี แต่ในการเขียนโปรแกรมจริงนั้น ภาษา C++ เป็นภาษาที่เปิดกว้างให้โปรแกรมเมอร์เลือกรูปแบบการเขียนโปรแกรม ซึ่งทำให้แนวโน้มที่โปรแกรมเมอร์อาจจะใช้รูปแบบที่ไม่เหมาะสม ทำให้โปรแกรมที่เขียนมีประสิทธิภาพต่ำกว่าที่ควรจะเป็น และภาษา C++ นั้นเป็นภาษาที่มีความซับซ้อนมากว่าภาษาซี จึงทำให้โอกาสเกิดบั๊กขณะคอมไพล์มากกว่า

- ภาษา C++ ได้รับการออกแบบเพื่อเข้ากันได้กับภาษาซีในเกือบทุกกรณี

- มาตรฐานของภาษา C++ ถูกออกแบบมาเพื่อไม่ให้มีการเจาะจงแพลตฟอร์มคอมพิวเตอร์

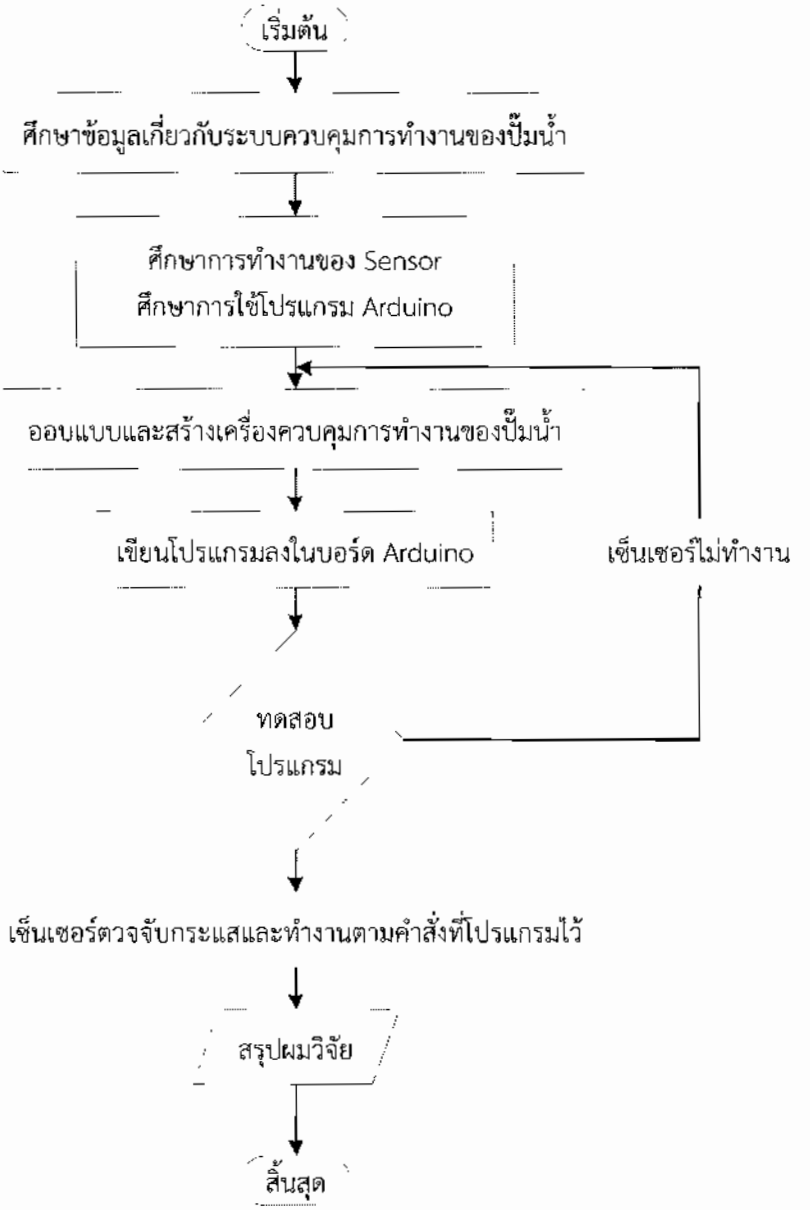
- ภาษา C++ ถูกออกแบบมาให้รองรับรูปแบบการเขียนโปรแกรมที่หลากหลาย

Mahasarakham University

บทที่ 3

วิธีดำเนินการ

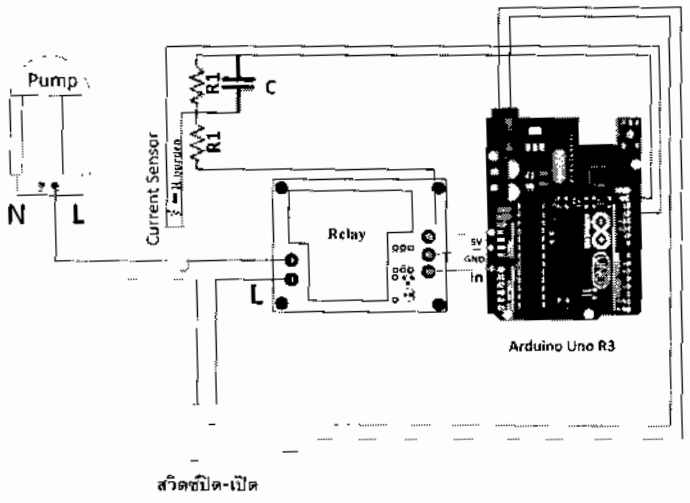
3.1 แผนผังดำเนินการวิจัย



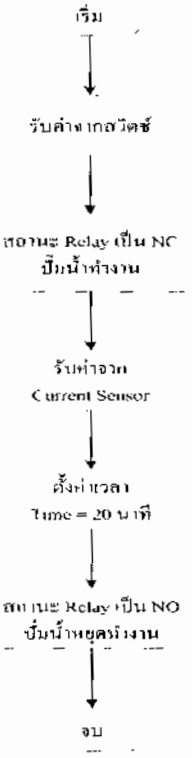
ภาพประกอบ 27 ภาพแสดงแผนผังดำเนินงานวิจัย

Mahasarakham University

3.2 การออกแบบและโฟลว์ชาร์ตของเครื่องควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ



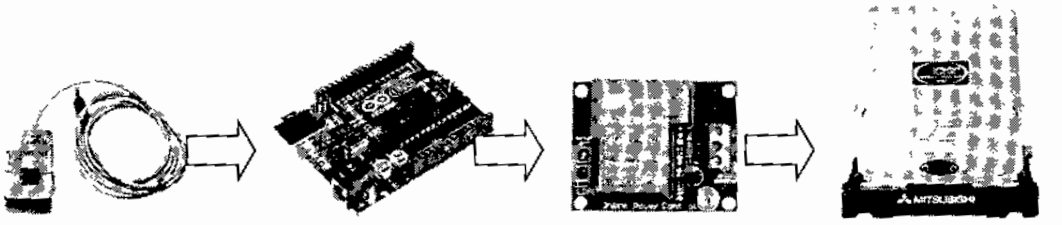
ภาพประกอบ 28 ภาพแสดงการออกแบบวงจร



ภาพประกอบ 29 ภาพแสดงโฟลว์ชาร์ตของเครื่องควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ

Mahasarakham University

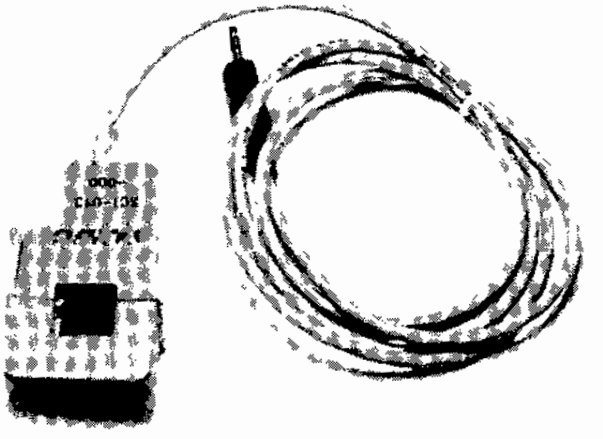
3.3 หลักการทำงานของเครื่องตรวจจับการรั่วของท่อน้ำ



ภาพประกอบ 30 ภาพแสดงหลักการทำงานเบื้องต้น

3.3.1 Sensor

การเลือกใช้ Current Sensor รุ่น ESEN141 เนื่องจากวงจรที่ออกแบบ โดยใช้ไมโครคอนโทรลเลอร์เป็นตัวควบคุม จำเป็นต้องมีอินพุตในการส่งข้อมูลให้ซึ่งสำหรับเครื่องตรวจจับการรั่วของท่อน้ำ Current Sensor ทำหน้าที่ตรวจจับการวัดกระแส โดยการคล้อง Current Sensor ไว้กับสายไฟเส้น Line ที่ต่อเข้ากับปั๊มน้ำ เมื่อกระแสไหลผ่าน Current Sensor ก็จะตรวจจับ และส่งข้อมูลเข้าที่ไมโครคอนโทรลเลอร์



ภาพประกอบ 31 Current Sensor ESEN141 (ThaiEasyElec :2555 :เวปไซต์)

ข้อมูลจำเพาะ Current Sensor ESEN141

Input Current	: 0~30A AC
Output Mode	: 0~1V
Non-linearity	: ±1%

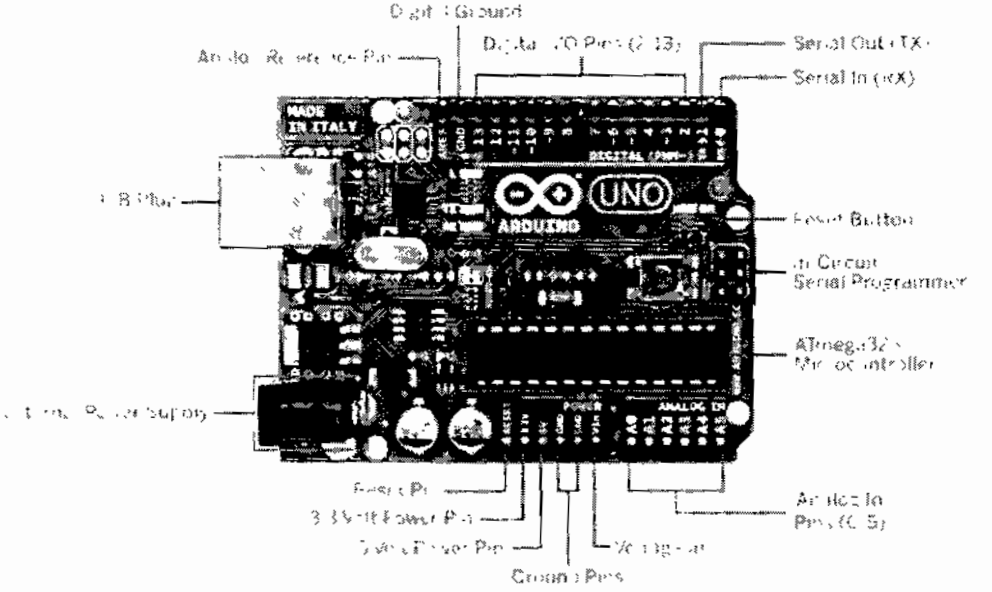
Mahasarakham University

Build-in sampling resistance (RL)	: 62Ω
Turn Ratio	: 1800:1
Resistance Grade	: Grade B
Work Temperature	: -25°C + 70°C
Dielectric Strength(between shell and output)	: 1000V AC/1min 5mA
Leading Wire in Length	: 1m
Open Size	: 13mm x 13mm

3.3.2 ไมโครคอนโทรลเลอร

ในปัจจุบันมีไมโครคอนโทรลเลอร์ให้เลือกใช้งานมากมาย ในที่นี้จึงได้เลือกใช้ Arduino Uno R3 เป็นตัวควบคุม ซึ่งทำหน้าที่รับค่าจาก Current Sensor แล้วทำการประมวลผลและสั่งรีเลย์เปิด-ปิด การทำงาน

ส่วนประกอบต่างๆ ของ Arduino Uno R3



ภาพประกอบ 32 ภาพแสดงส่วนประกอบต่างๆของ Arduino Uno R3 (element14 :2552 :เวปไซต์)

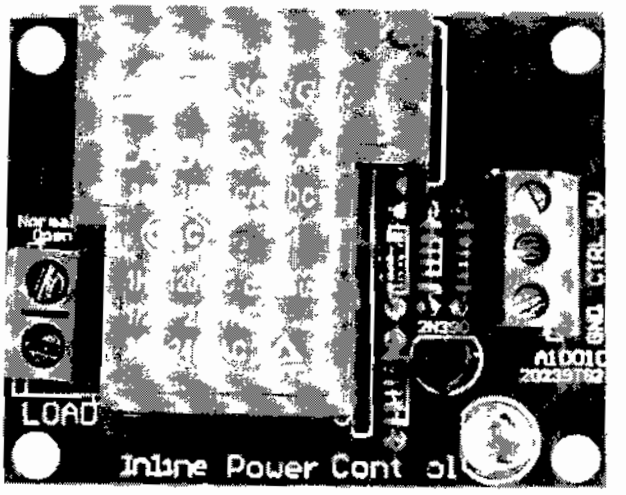
Mahasarakham University

คุณสมบัติของไมโครคอนโทรลเลอร Arduino Uno R3 ดังนี้

Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5 V
Input Voltage (recommended)	7-12 V
Input Voltage (limits)	6-20 V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6 pin
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	32 KB (ATmega328)
SRAM	2 KB (ATmega328)
EEPROM	1 KB (ATmega328)
Clock Speed	16 MHz

3.3.3 รีเลย์ (Relay)

การทำงานเปิด-ปิดปั๊มน้ำ นั้นจะต้องมีวงจรควบคุมระบบเปิด-ปิดอัตโนมัติมารองรับการสั่งงานจากไมโครคอนโทรลเลอร์ในการออกแบบใช้สวิตช์รีเลย์ (Relay) เข้ามาควบคุมการเปิด-ปิดปั๊มน้ำ



ภาพประกอบ 33 ภาพแสดงรีเลย์ 1 Channel 5V Relay Module 30A High Power (dx dealextreme :2549 :เวปไซต์)

Mahasarakham University

รายละเอียดรีเลย์ 1 Channel 5V Relay Module 30A High Power

- เป็นวงจรที่ต้องจ่ายไฟเลี้ยง 5V
- เป็นบอร์ดอินเตอร์เฟซ 1 ช่องทางรีเลย์
- สามารถใช้งานรวมกับไมโครคอนโทรลเลอร์ได้หลากหลาย เช่น Arduino, AVR, PIC, ARM และอื่น ๆ
- การใช้งานสูงสุดได้ที่ DC 30V 30A AC 250V
- ขนาดของรีเลย์ 47x 36X 22 mm

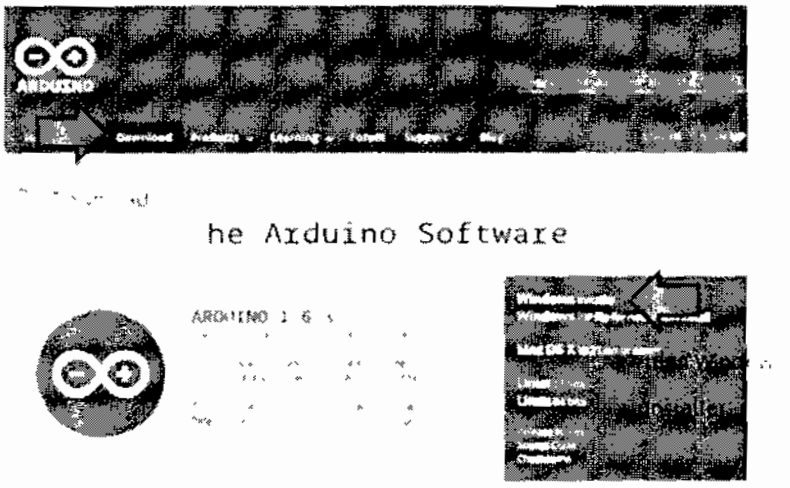
Mahasarakham University

บทที่ 4

ผลการศึกษา

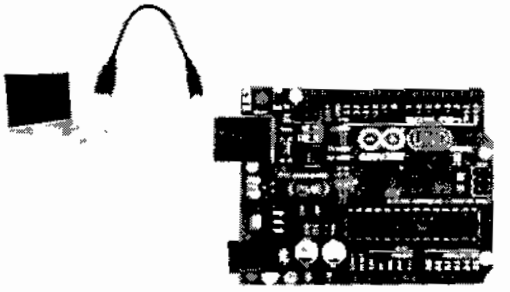
4.1 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE และเริ่มต้นการโปรแกรม Arduino IDE

ขั้นตอนที่ 1 ดาวน์โหลด Arduino IDE โดยดาวน์โหลดได้จาก http://arduino.cc/en/Main/Software



ภาพประกอบ 34 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 1

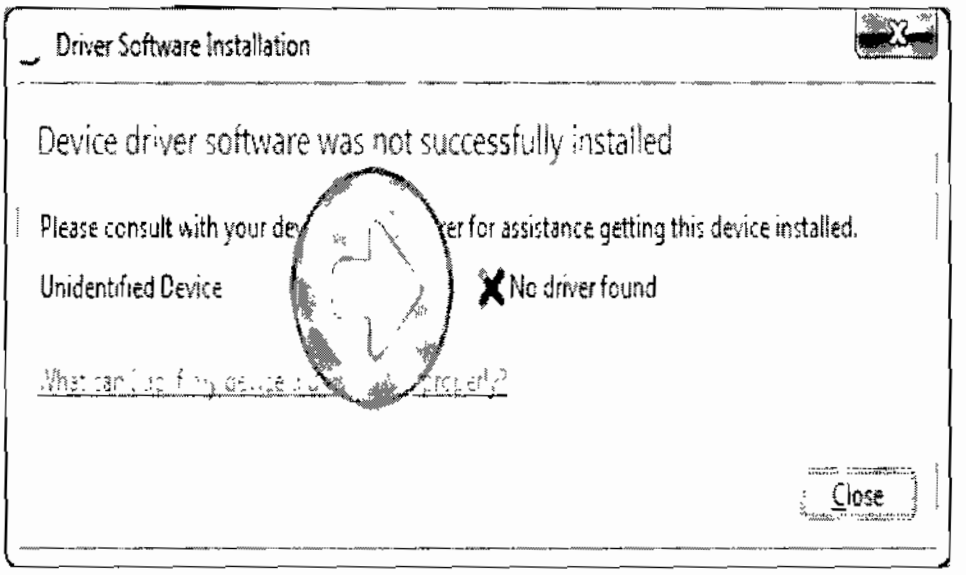
ขั้นตอนที่ 2 ต่อบอร์ด Arduino UNO R3 เข้ากับคอมพิวเตอร์ผ่านทาง USB port



ภาพประกอบ 35 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 2 (EC.in.th :2555 :เวปไซต์)

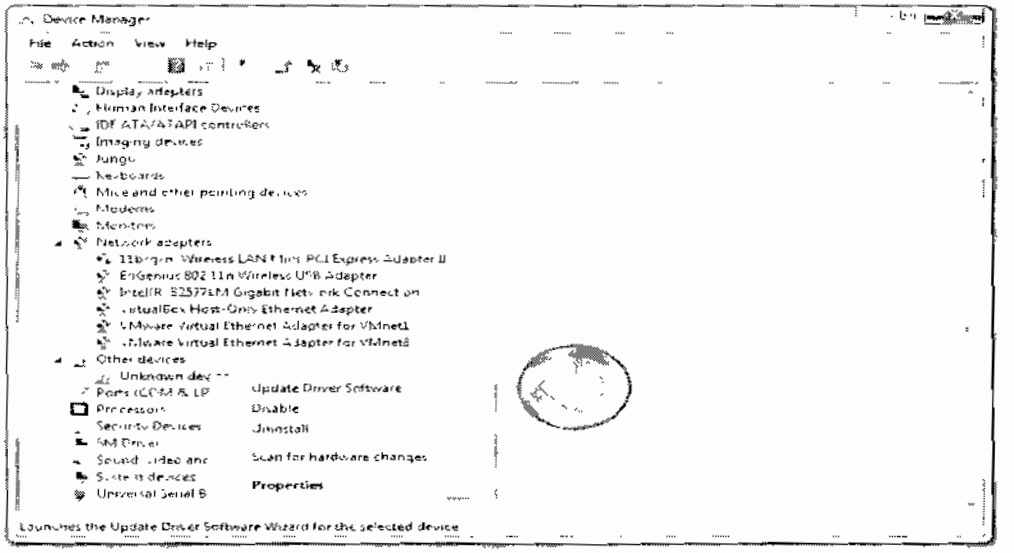
Mahasarakham University

ขั้นตอนที่ 3 จากนั้นหลังจากนี้ Windows จะหาไดร์เวอร์แต่จะไม่พบ



ภาพประกอบ 36 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 3 (EC.in.th :2555 :เวปไซต์)

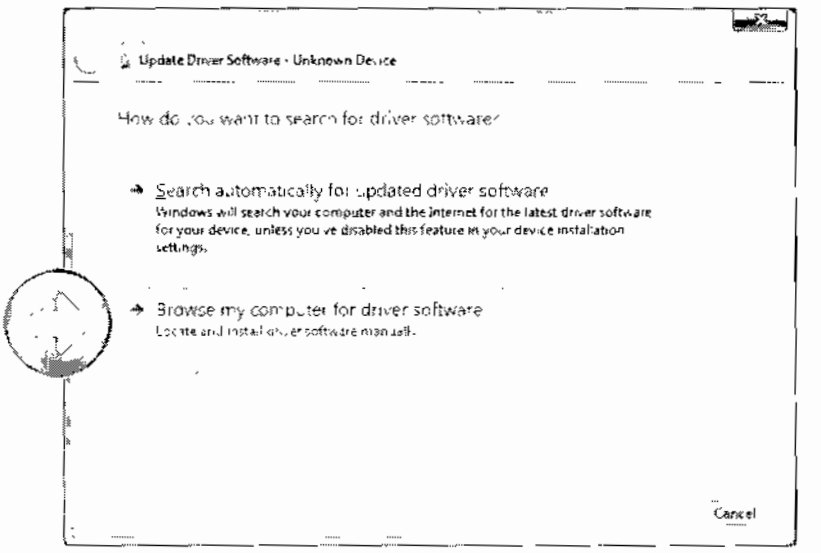
ขั้นตอนที่ 4 ให้เข้าไปที่ Device Manager แล้วคลิกขวาที่ Unknown แล้วเลือก Update Driver



ภาพประกอบ 37 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 4 (EC.in.th :2555 :เวปไซต์)

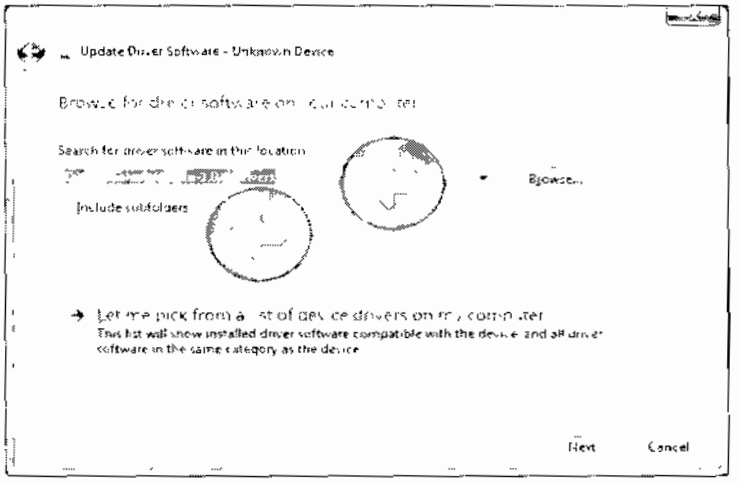
Mahasarakham University

ขั้นตอนที่ 5 เลือกเมนู Browse my computer



ภาพประกอบ 38 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 5 (EC.in.th :2555 :เวปไซต์)

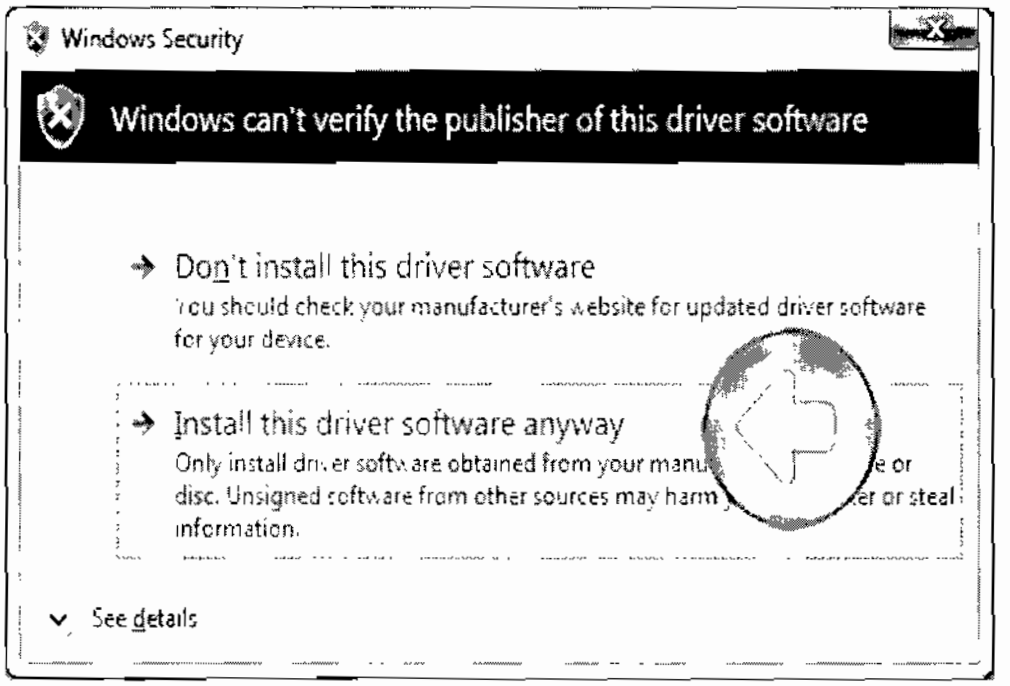
ขั้นตอนที่ 6 เลือก Brown ไปที่ไดร์เวอร์ Arduino โดยจะอยู่ที่ X:xxx\arduino-x.x.x\drivers และเอาเครื่องหมายที่ช่อง Include subfolders ออก



ภาพประกอบ 39 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 6 (EC.in.th :2555 :เวปไซต์)

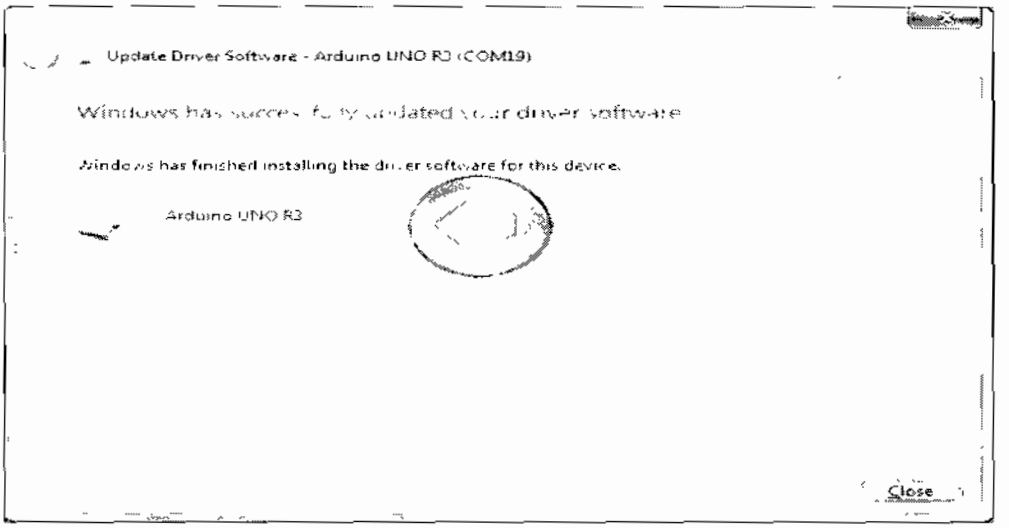
ขั้นตอนที่ 7 เลือก Install this driver software anyware

Mahasarakham University



ภาพประกอบ 40 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 7 (EC.in.th :2555 :เวปไซต์)

ขั้นตอนที่ 8 เมื่อสิ้นสุดขั้นตอนนี้ Windows ก็จะรู้จักบอร์ด Arduino UNO R3



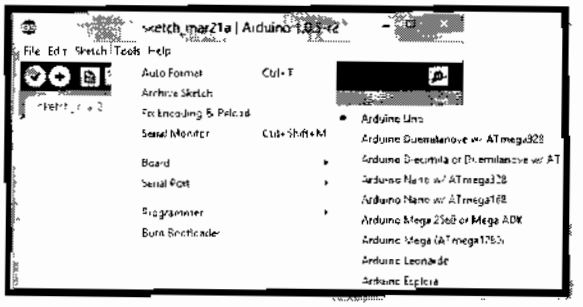
ภาพประกอบ 41 การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE ขั้นตอนที่ 8 (EC.in.th :2555 :เวปไซต์)

Mahasarakham University

4.2 เริ่มต้นการโปรแกรม Arduino IDE

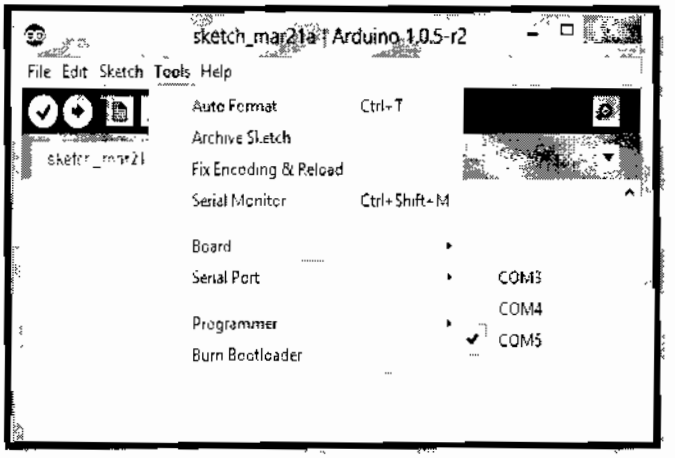
ก่อนที่จะเริ่มการทดลองทุกครั้ง (หลังที่เปิดเครื่องคอมพิวเตอร์ใหม่) จำเป็นต้องมีการตั้งค่าบอร์ดที่ใช้งานโดยมีการตั้งค่า 3 รายการคือ

1. บอร์ดที่ใช้งาน ในที่นี้ใช้บอร์ด Arduino UNO R3 ดังนั้นต้องเลือกรายการ Arduino UNO ดังรูป



ภาพประกอบ 42 แสดงการเลือกบอร์ด Aduino ขั้นตอนที่1 (ประภาสดอทคอม :2557 :เวปไซต์)

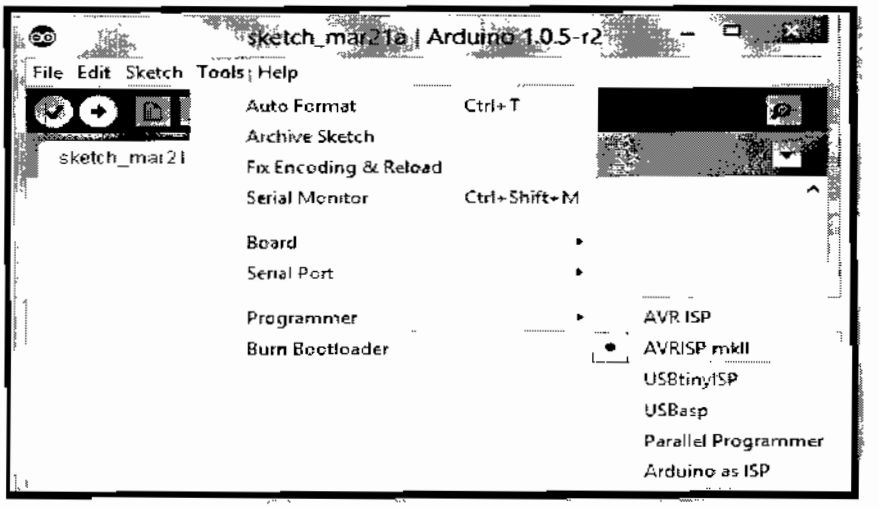
2. COM พอร์ตที่บอร์ดทำการเชื่อมต่อ โดยดูได้จาก Device Manager ดังที่ได้กล่าวมาแล้วข้างต้น



ภาพประกอบ 43 แสดงการเลือกบอร์ด Aduino ขั้นตอนที่2 (ประภาสดอทคอม :2557 :เวปไซต์)

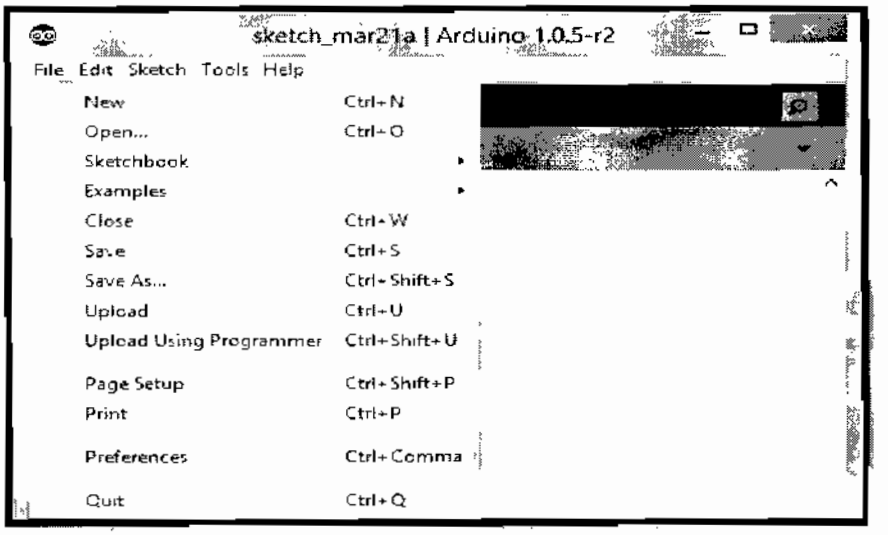
Mahasarakham University

3. เลือกชนิดเครื่องโปรแกรม เนื่องจากบูตโหลดเตอร์ของบอร์ดได้จำลองตัวเองเป็น AVRISP mkII ดังนั้นเครื่อง โปรแกรมจึงต้องเลือกรายการดังรูป



ภาพประกอบ 44 แสดงการเลือกบอร์ด Aduino ขั้นตอนที่3 (ประภาสดอทคอม :2557 :เวปไซต์)

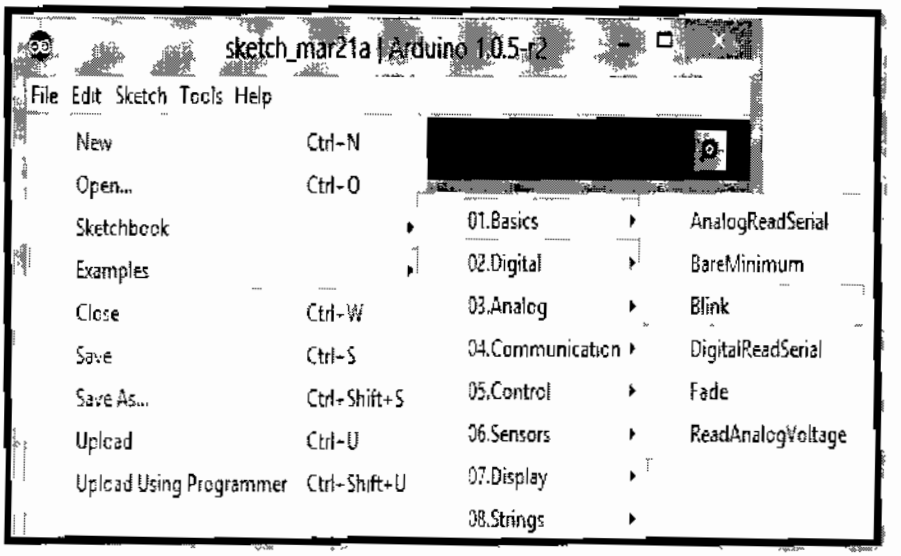
สำหรับการตั้งค่าให้แสดงตำแหน่งของไฟล์ภาษาเครื่อง เพื่อจะนำไปใช้ในการจำลองการทำงาน จะต้องตั้งค่าที่ Perferences ภาพประกอบ 45



ภาพประกอบ 45 แสดงการเลือกบอร์ด Aduino ขั้นตอนที่4 (ประภาสดอทคอม :2557 :เวปไซต์)

Mahasarakham University

เริ่มทดลองจากตัวอย่างไฟกระพริบ Blink โดยเรียกไฟล์ตัวอย่างดังรูป



ภาพประกอบ 46 แสดงการเลือกบอร์ด Aduino ขั้นตอนที่5 (ประภาสดอทคอม :2557 :เวปไซต์)

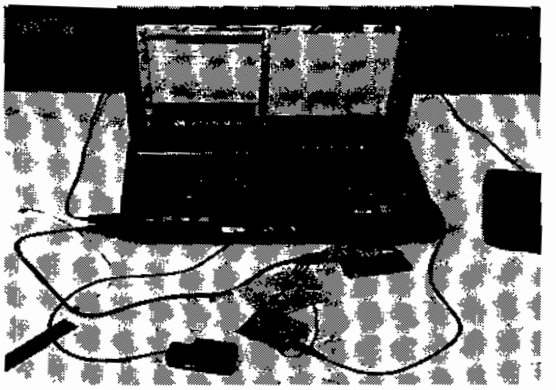
ทดลองแปลงไฟล์โดยกดที่ไอคอนเครื่องหมายถูกดังรูป แต่หากต้องการอัพโหลดลงบอร์ดจริงด้วยให้กดที่ปุ่มหัวลูกศร(ปุ่มถัดไป)

ภาพประกอบ 47 แสดงการเลือกบอร์ด Aduino ขั้นตอนที่6 (ประภาสดอทคอม :2557 :เวปไซต์)

Mahasarakham University

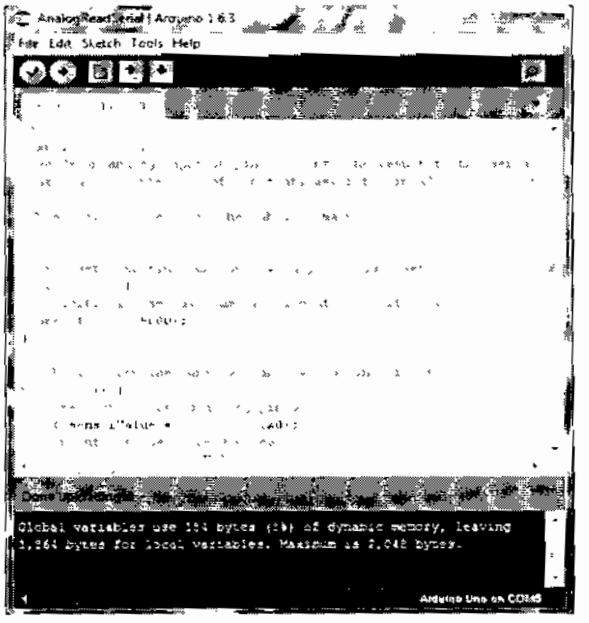
4.3 การทดสอบ

- ทำการเชื่อมต่อระหว่าง Arduino กับ Current Sensor



ภาพประกอบ 48 แสดงการเชื่อมต่อระหว่าง Arduino กับ Current Sensor

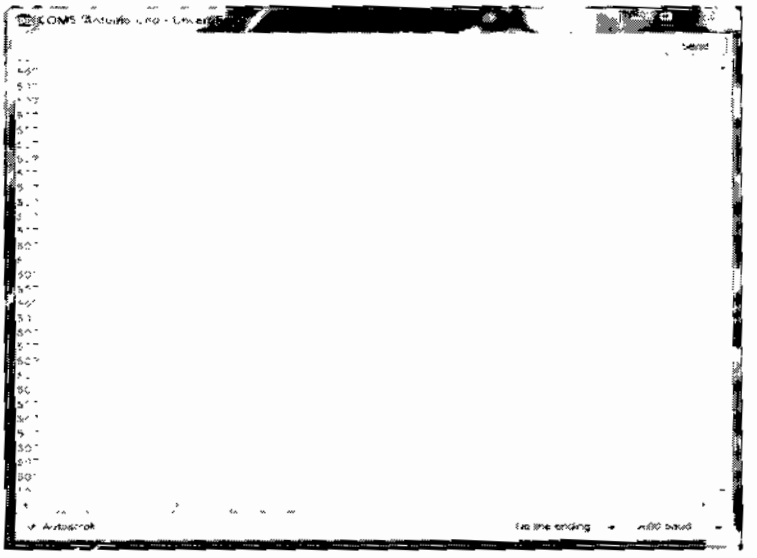
- นำโค้ดสำเร็จรูปที่มีในโปรแกรม มาทดสอบ Current Sensor เพื่อที่จะได้ทราบว่าสามารถใช้งานรวมกับ Arduino ได้



ภาพประกอบ 49 แสดงโค้ดสำเร็จรูป

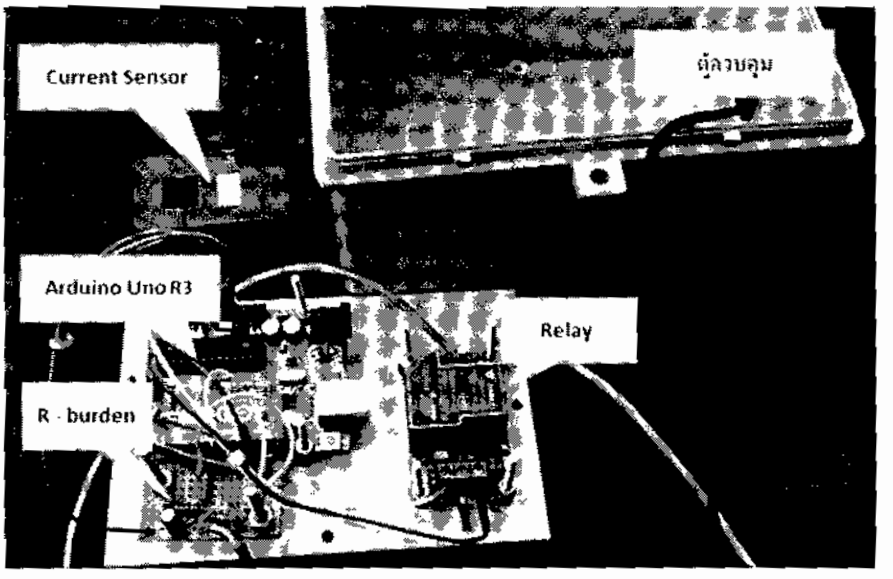
Mahasarakham University

- ผลที่ได้จากจอ Serial Monitor เป็นค่าอนาล็อกจากที่ Current Sensorตรวจจับได้



ภาพประกอบ 50 แสดงค่าจาก Current Sensor

4.4 ตู้ควบคุม

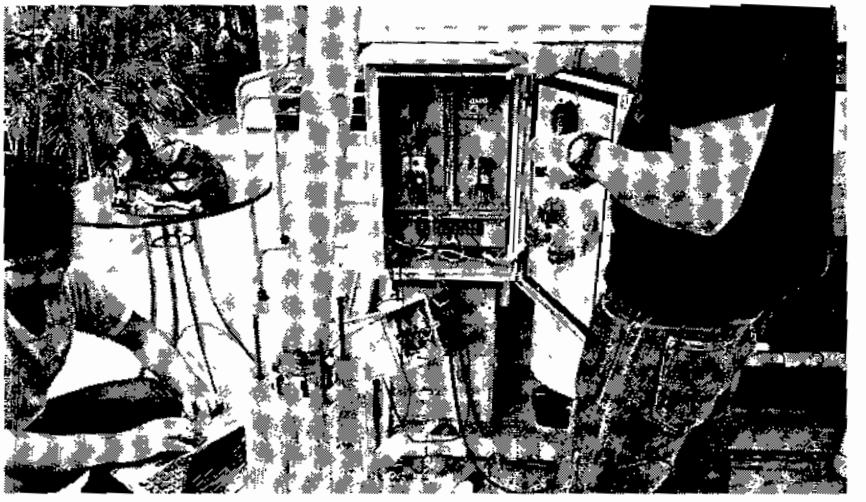


ภาพประกอบ 51 แสดงส่วนประกอบต่างๆในตู้ควบคุม

Mahasarakham University

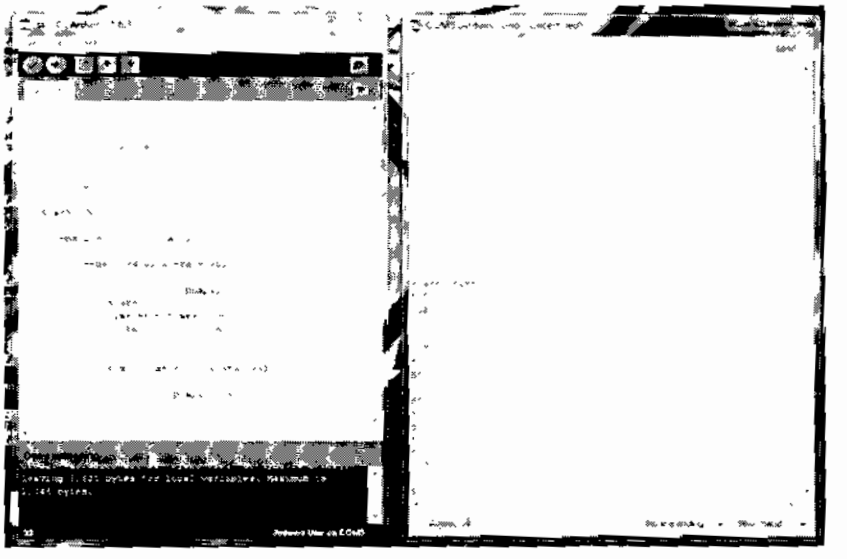
4.5 ผลการทดลอง

- นำมาติดตั้งกับตู้คอนโทรลปั๊มน้ำ



ภาพประกอบ 52 แสดงติดตั้งกับตู้คอนโทรลปั๊มน้ำ

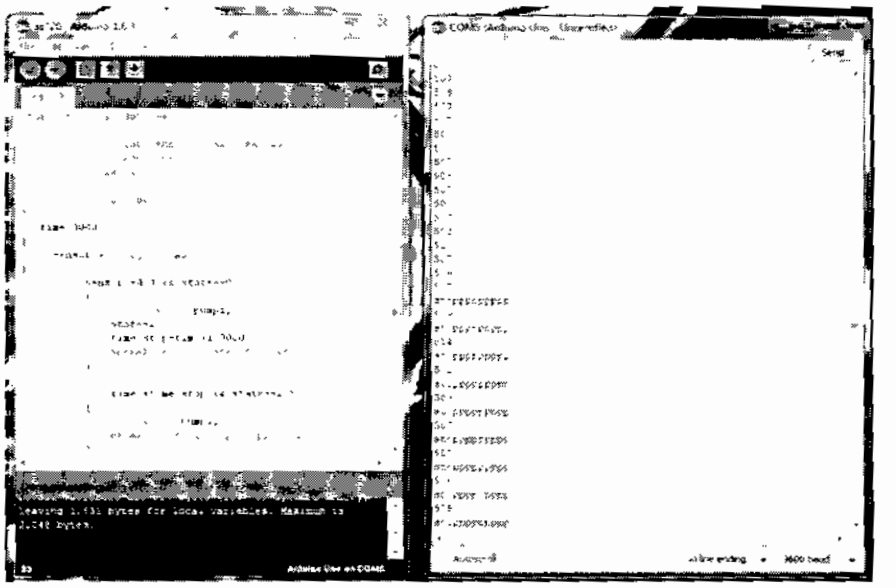
- เริ่มต้นการทำงานแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์ ที่ Serial Monitor จะแสดงคำว่า Start นั่นคือปั๊มน้ำเริ่มทำงาน



ภาพประกอบ 53 แสดงการเริ่มทำงานผ่าน Serial Monitor

Mahasarakham University

- จบการทำงานแสดงผลผ่านคอมพิวเตอร์ ที่ Serial Monitor จะแสดงคำว่า Stop นั่นคือปั๊มน้ำหยุดทำงาน



ภาพประกอบ 54 แสดงจบการทำงานผ่าน Serial Monitor

4.6 การทำงานของระบบ

4.6.1. เมื่อมีการกดปุ่มให้ปั๊มน้ำทำงาน Current Sensor ตรวจจับกระแสได้และทำการส่งข้อมูลเข้าที่ Arduino

4.6.2. Arduino ทำการประมวลผล ทำให้ Relay ทำงาน

4.6.3. โดยเขียนโค้ดคำสั่งไปว่าให้ปั๊มทำงาน 20 นาที

4.6.4. เมื่อครบ 20 นาที Arduino จะสั่งให้ Relay หยุดทำงาน ทำให้ปั๊มน้ำหยุดการทำงาน

4.6.5. ระบบควบคุมจะเริ่มทำงานอีกครั้งเมื่อมีการกดปุ่มให้ปั๊มน้ำทำงาน

Mahasarakham University

บทที่ 5

สรุปผลการศึกษา

5.1 สรุปและอภิปรายผล

โครงการ Water Pump Control System for Water Saving เป็นการสร้างระบบควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำ ที่สามารถควบคุมการทำงานได้ในระยะเวลาที่ต้องการ โดยการเขียนโค้ดคำสั่งภาษาซีลงบอร์ด Arduino เมื่อปั๊มน้ำทำงานตามเวลาที่กำหนดปั๊มน้ำจะหยุดทำงานเองโดยอัตโนมัติ โดยระบบดังกล่าวนี้มีส่วนประกอบดังนี้ เซนเซอร์ Non-Invasive current sensor รุ่น ESEN 141 ไมโครคอนโทรลเลอร์ Arduino Uno R3 และ รีเลย์ (30 A) ซึ่งในการดำเนินงานเราสามารถประดิษฐ์และออกแบบอุปกรณ์ควบคุมการทำงานของปั๊มน้ำเพื่อการประหยัดน้ำ ทำให้เราเกิดความสะดวกสบายมากขึ้น และสามารถนำมาใช้ได้จริง

5.2 ผลการดำเนินงาน

5.2.1 ศึกษาคุณสมบัติของเซนเซอร์รุ่น Non-Invasive Current Sensor

5.2.2 ศึกษาการทำงานของไมโครคอนโทรลเลอร์รุ่น Arduino Uno R3

5.2.3 ทดสอบการเขียนโปรแกรมการส่งสัญญาณการทำงานของเซนเซอร์

5.2.4 ทำการออกแบบประดิษฐ์ การจัดวางอุปกรณ์ลงกล่อง จัดวางตำแหน่งของอุปกรณ์ควบคุมของปั๊มน้ำ

5.2.5 นำโปรแกรมที่เขียนมาประกอบกับอุปกรณ์ที่ออกแบบข้างต้นมาใช้งานร่วมกัน ทำการติดตั้ง

5.2.6 แก้ปัญหา และนำไปใช้งานได้จริง

5.3 ปัญหาและอุปสรรคที่พบ

5.3.1 Current Sensor รุ่น ESEN 141 ไม่สามารถเชื่อมต่อสื่อสารกับ Arduino ได้โดยตรง

5.3.2 เนื่องจากไม่ได้ใช้อุปกรณ์ควบคุมเวลาเข้ามาช่วยในการตั้งค่าเวลาจึงทำให้ยากในการสั่งให้อุปกรณ์ทำงานตามระยะเวลาที่เราต้องการ

Mahasarakham University

5.3.3 เมื่อนำตู้ควบคุมที่ออกแบบมาติดตั้งกับตู้คอนโทรลปั๊มน้ำ แต่ตู้ควบคุมไม่ทำงานเป็นไปตามเงื่อนไขและความต้องการ

5.4 แนวทางในการแก้ไข

5.4.1 สร้างวงจร R-burden ระหว่างCurrent Sensor กับ Arduino

5.4.2 ใน Arduino Uno R3 สามารถควบคุมเวลาได้ในตัวจึงหาโค้ดที่ควบคุมเวลาเข้ามาใช้ (ในที่นี่ไม่สามารถใช้คำสั่ง delay ได้)

5.4.3 เช็คโค้ดคำสั่งภาษาซี ตรวจดูเงื่อนไข และตรวจสอบ Wire Diagram

5.5 ข้อเสนอแนะ

5.5.1 เพื่อความสะดวกสบายในการเลือกเวลา อาจจะเพิ่มอุปกรณ์ปรับตั้งเวลาและสามารถใช้งานร่วมกับ Arduinoได้

5.5.2 หน้าสัมผัส Relay เกิดการชำหรุดได้ อาจจะเลือกอุปกรณ์ชนิดอื่นที่มีประสิทธิภาพมากกว่า Relay เข้ามาใช้

5.5.3 เพื่อเพิ่มประสิทธิภาพในการทำงานให้มากยิ่งขึ้น ควรเพิ่ม Sensor ตัวอื่นเข้ามาใช้ในวงจร

Mahasarakham University

บรรณานุกรม

Mahasarakham University

บรรณานุกรม

มงคล พรหมเทศ. งานไฟฟ้าทั่วไป. กรุงเทพฯ : เอมพันธ์, 2542. “รีเลย์คอนแทกเตอร์”, [ออนไลน์]. สืบค้นหาเมื่อ 15 กันยายน 2557; ได้จาก: http://en-lic.atwebpages.com/doc /Trainning% 20doc/Relay%20and%20contactor.pdf

ประภาสดอทคอม. “เริ่มต้นการใช้งานบอร์ด Arduino UNO R3”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 28 มีนาคม 2558; ได้จาก: http://www.praphas.com/index.php/2008-11-03-14-25-25/51-arduino/90-arduino-5-1-uno-r3

DX dealextreme. “Power relay module”, [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อวันที่ 12 ตุลาคม 2557; ได้จาก: http://www.dx.com/p/1-channel-5v-30a-high-power-relay-module-for-arduino-8051-avr-pic-dsp-arm-153000#.VFKj0D9ThOS

EC.in “การติดตั้งโปรแกรม Arduino IDE”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 25 มกราคม 2558; ได้จาก: http://www.ec.in.th/index.php?route=cms/article&article_id=34

Gravitech. “เรียนรู้เกี่ยวกับArduino Startup kit”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 6 กันยายน 2557; ได้จาก: https://www.gravitechthai.com/guru2.php?p=258

Microdrive. “ข้อมูลจำเพาะของ Arduino Nano 3.0”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 6 กันยายน 2557; ได้จาก: http://www.microdrive.co.th/product/46/arduino-nano-3-0

Thaieasyele. “ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ Current Sensor”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2557 ได้จาก: http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/ความรู้เบื้องต้นเกี่ยวกับ-current-sensor-เซ็นเซอร์วัดกระแส.html

Thaieasyele. “ตัวอย่างการใช้งาน Arduino + Relay Module”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 13 ตุลาคม 2557; ได้จาก: http://www.thaieasyelec.com/review-product-article/ตัวอย่างการใช้งาน-arduino-relay-module-ควบคุมการปิดเปิดเครื่องใช้ไฟฟ้า.html

Thaieasyele. “ตัวอย่างการใช้งาน Current transformer Sensor”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 16 กันยายน 2557; ได้จาก: http://www.thaieasyelec.com/article-wiki/review-product-article/ตัวอย่างการใช้งาน-current-sensors-เซ็นเซอร์วัดกระแส-ประเภท-current-transformer-sensor.html

Thaieasyele. “มารู้จักArduino”. [ออนไลน์]. สืบค้นเมื่อ 26 สิงหาคม 2557; ได้จาก: http://www.thaieasyelec.com/basic-electronics/บทความ-arduino-คืออะไร-เริ่มต้นใช้งาน-arduino.html

Mahasarakham University

ภาคผนวก

Mahasarakham University

ภาคผนวก ก
โปรแกรมประกอบการศึกษา

Mahasarakham University

โปรแกรมรันบอร์ด Arduino

```
#define pump1 12
bool state=0;
unsigned long time_stop=4000;
unsigned long Avg=0;
int sensor=0;

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(pump1,OUTPUT);
  digitalWrite(pump1,HIGH);
}

void loop()
{
unsigned long time=millis();
/*
 for(int i=0;i<1000;i++)
       {
             int sensor =analogRead(A0);
             Avg=Avg+sensor;
          delay(1);
       }
       Avg=Avg/1000;
*/
if(time>3000)
{
    sensor =analogRead(A0);
}
```

Mahasarakham University

```
    if((sensor>=512)&&(state==0))
       {
          digitalWrite(pump1,HIGH);
          state=1;
          time_stop=time+1800000;
          Serial.println("1");
       }

       if((time>=time_stop)&&(state==1))
       {
         digitalWrite(pump1,LOW);
          Serial.println("2");
       }
      Serial.println(sensor);

  delay(1);

}
```

Mahasarakham University

ประวัติย่อผู้วิจัย

Mahasarakham University

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ – นามสกุล นายกรวิทย์ จันทะรักษ์

วันเกิด วันพฤหัสบดี ที่ 11 เดือน มิถุนายน พุทธศักราช 2535

สถานที่เกิด โรงพยาบาลโกสุมพิสัย อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม

สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 95 หมู่ 18 บ้านโนนสูง ตำบลหนองเหล็ก อำเภอโกสุมพิสัย จังหวัดมหาสารคาม รหัสไปรษณีย์ 44140

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2550 ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนโกสุมวิทยาสรรค์ จังหวัดมหาสารคาม

พ.ศ. 2553 ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนโกสุมวิทยาสรรค์ จังหวัดมหาสารคาม

พ.ศ. 2557 ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

Mahasarakham University

ประวัติย่อผู้วิจัย

ชื่อ – นามสกุล นายณัฐพงศ์ ห้าวหาญ
วันเกิด วันพุธ ที่ 10 เดือน มิถุนายน พุทธศักราช 2535
สถานที่เกิด โรงพยาบาลเมืองฉะเชิงเทรา อำเภอเมือง จังหวัดฉะเชิงเทรา
สถานที่อยู่ปัจจุบัน บ้านเลขที่ 49 หมู่ 3 บ้านหัวเข่า ตำบลคาละแมะ อำเภอศีขรภูมิ จังหวัดสุรินทร์ รหัสไปรษณีย์ 32110

ประวัติการศึกษา

พ.ศ. 2550	ระดับมัธยมศึกษาตอนต้น โรงเรียนบ้านบึงขวาง จังหวัดสุรินทร์
พ.ศ. 2553	ระดับมัธยมศึกษาตอนปลาย โรงเรียนห้วยจริงวิทยา จังหวัดสุรินทร์
พ.ศ. 2557	ปริญญาวิศวกรรมศาสตรบัณฑิต (วศ.บ.) สาขาวิชาวิศวกรรมไฟฟ้า มหาวิทยาลัยมหาสารคาม จังหวัดมหาสารคาม

Mahasarakham University